

ÉCRANS ACOUSTIQUES EN BÉTON

Le choix du silence,
un choix pour l'avenir



CERIB

Centre d'Études et de Recherches
de l'Industrie du Béton

FIB
Fédération de l'Industrie du Béton

CIM *béton*

CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS



ÉCRANS ACOUSTIQUES EN BÉTON

Le choix du silence, un choix pour l'avenir

Cette version intègre dans un CD un document intitulé :
"Ecrans acoustiques en béton - Aide à la rédaction d'un CCTP"

Vous le trouverez à la fin de ce guide.

Contributions à l'ouvrage

Ce document a été rédigé par un groupe de travail composé d'experts de la FIB, du CERIB et de CIMBÉTON dans le domaine des écrans acoustiques en béton.

<i>Elodie CORDONNIER</i>	<i>CERIB</i>
<i>Christophe GOMIS</i>	<i>FIB Groupe Écrans Acoustiques / PBM</i>
<i>Patrick GUIRAUD</i>	<i>CIMBÉTON</i>
<i>Marc LAINE</i>	<i>FIB</i>
<i>Pascal MORARD</i>	<i>BONNA SABLA</i>
<i>Laurent NOLL</i>	<i>CAPREMIB - BBS</i>
<i>Paul SAUVAGE</i>	<i>CERIB</i>
<i>Anouk THEBAULT</i>	<i>CERIB</i>

Nous remercions pour leur collaboration :

<i>Victor BENSASSON</i>	<i>CIDB</i>
<i>Alice DEBONNET-LAMBERT</i>	<i>CIDB</i>
<i>Pascal VALENTIN</i>	<i>MEEDDM</i>

et pour leurs témoignages :

<i>Jean-Marc ABRAMOWITCH</i>	<i>EGIS</i>
<i>Laurent BARBIER</i>	<i>Architecte</i>
<i>Jacques BEAUMONT</i>	<i>CNEA</i>
<i>Georges INNOCENTI</i>	<i>ESCOTA</i>
<i>Jean-Louis JOLIN</i>	<i>Architecte</i>
<i>Olivier PILETTE</i>	<i>APREA</i>
<i>Pascal TSCHUPP</i>	<i>Ville de Saint-Maurice</i>
<i>Frédérique ZIRK</i>	<i>Architecte</i>

Avant-propos

L'environnement agit quotidiennement sur notre santé par le biais du milieu qui nous entoure : l'eau, l'air et le sol. L'approche écologique est devenue un sujet majeur dans le développement économique et urbanistique de nos sociétés.

À l'issue des débats du Grenelle Environnement organisés en juillet 2007, le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEEDDAT*) a décidé, en premier lieu, de traiter les "points noirs bruit" les plus critiques. Il y aurait 130 000 de ces points noirs autour des dix principales zones aéroportuaires, 120 000 à proximité des routes nationales et dix fois plus pour l'ensemble du réseau routier. Le projet de loi Grenelle I prévoit que les plus préoccupants pour la santé feront l'objet d'une résorption dans un délai maximal de sept ans.

Depuis plus de 30 ans, l'Industrie du Béton offre des réponses écologiques et durables aux problématiques du bruit. Les écrans acoustiques qu'elle propose allient performance, fiabilité, durabilité et esthétisme, en respectant les règlements européens en vigueur et les obligations du marquage CE.

La lutte contre le bruit est une source d'innovation, une incitation permanente à la recherche d'une plus grande efficacité. Les industriels français y contribuent grâce des écrans encore plus absorbants, encore plus pérennes, tout en respectant l'environnement avec des produits entièrement recyclables et nécessitant peu d'entretien. De nouvelles voies d'innovation s'ouvrent aujourd'hui avec des performances acoustiques accrues, des perspectives architecturales élargies, des propriétés dépolluantes...

Les lecteurs de ce guide, qu'ils soient maîtres d'ouvrage, concepteurs, architectes ou poseurs, trouveront toutes les solutions adaptées au traitement efficace des nuisances et pollutions sonores par la mise en œuvre d'écrans acoustiques en béton.

Christophe GOMIS,
Président du Groupe
Écrans Acoustiques

*Actuellement MEEDDM

Sommaire

● 1 - Quelques notions d'acoustique	11
1.1 - Qu'est ce que le son ?	12
1.2 - Composition d'un son	13
1.2.1 - La fréquence	13
1.2.2 - Le niveau sonore	14
1.3 - Propagation du son	15
1.3.1 - Vitesse du son	15
1.3.2 - Dilution	16
1.3.3 - Effet d'obstacle	16
1.3.4 - Conditions climatiques	16
1.4 - Perception d'un son	17
1.5 - Bruit et santé	18
1.6 - Arithmétique particulière du décibel	20
1.6.1 - Bruits de niveaux très différents	20
1.6.2 - Bruits de niveaux voisins	20
1.6.3 - Bruits de niveaux identiques	21
1.7 - Niveau de pression acoustique pondéré dB(A)	21
1.8 - Pondération du bruit routier	22
1.9 - Niveau équivalent Leq	23

● 2 - Le cadre législatif et réglementaire	25
2.1 - Directive européenne du 25 juin 2002	26
2.2 - Loi sur le bruit du 31 décembre 1992	28
2.3 - Décrets, arrêtés et circulaires	29
2.3.1 - Décrets n° 95-21 et 95-22 du 9 janvier 1995	29
2.3.2 - Arrêtés du 5 mai 1995 et du 8 novembre 1999	29
2.3.3 - Arrêté du 30 mai 1996	30
2.3.4 - Circulaire du 12 décembre 1997	31
2.3.5 - Décret et arrêté du 3 mai 2002	31
(modifié par le décret du 23 décembre 2003)	31
2.3.6 - Circulaire du 12 juin 2001	31
2.3.7 - Circulaire du 28 février 2002	32
2.3.8 - Circulaire du 25 mai 2004	33
2.3.9 - Arrêté du 20 août 1985	33
2.3.10 - Arrêté du 23 janvier 1997	34
2.3.11 - Arrêtés du 30 juin 1997	34

● 3 - Les bruits générés par les trafics routier et ferroviaire	39
3.1 - Les bruits du trafic routier	41
3.2 - Les bruits du trafic ferroviaire	43

● 4 - Les écrans acoustiques, solution privilégiée contre les nuisances sonores	47
4.1 - Qu'est ce qu'un écran ?	48
4.2 - L'écran acoustique, reflet du dynamisme local	49
4.3 - Des performances encadrées par des normes	51

● 5 - Les principes de fonctionnement d'un écran acoustique	53
5.1 - Principes de fonctionnement d'un écran acoustique	54
5.2 - Définitions	55
5.2.1 - Transmission.....	55
5.2.2 - Absorption/réflexion	55
5.2.3 - Diffraction.....	55
5.3 - Paramètres de dimensionnement	56
5.4 - Couronnements	57

● 6 - Éléments de dimensionnement des écrans acoustiques	59
6.1 - Dimensionnement mécanique	61
6.2 - Dimensionnement acoustique	61
6.3 - Intégration esthétique et architecturale	64

● 7 - L'offre écrans acoustiques en béton	67
7.1 - Classification des différents types d'écrans acoustiques en béton	68
7.1.1 - Les écrans réfléchissants	69
7.1.2 - Les écrans absorbants	71
7.2 - Différents modes de construction des écrans acoustiques	76
7.2.1 - Panneaux d'écrans entre poteaux métalliques	76
7.2.2 - Panneaux d'écrans entre poteaux en béton	77
7.2.3 - Panneaux d'écrans sur semelles superficielles filantes	77
7.2.4 - Revêtements acoustiques sur écrans ou murs de soutènement existants	78
7.2.5 - Écrans sur dispositifs de sécurité en béton	78
7.2.6 - Revêtements acoustiques de sorties de tunnels ou de tranchées couvertes	79
7.2.7 - Talus raidis et végétalisation	80
7.2.8 - Couronnements	81

● 8 - Les multiples atouts des écrans acoustiques en béton	85
8.1 - Esthétique et intégration dans le site	87
8.2 - Pérennité mécanique et acoustique	87
8.3 - Élimination des graffiti	88
8.4 - Économie	89
8.5 - Respect de l'environnement	89
8.6 - Efficacité optimale	90

● 9 - Annexes	97
Annexe 1	
Normes de qualification des produits	98
Annexe 2	
Normes de réception des ouvrages	99
Annexe 3	
Autres normes	100
Annexe 4	
Méthodes de mesure des écrans acoustiques	101
Annexe 5	
Méthodes de mesure des bruits routiers, ferroviaires et industriels ...	104
Annexe 6	
Publications et autres textes de références	106
Annexe 7	
FDES : écrans en béton	108

La résorption des points noirs du bruit : une priorité des pouvoirs publics réaffirmée dans le cadre du Grenelle de l'environnement.

L'enquête réalisée auprès d'un échantillon représentatif de la population dans le cadre de l'élaboration du "baromètre santé" de l'Institut National de Prévention et d'Éducation pour la Santé confirme que près de la moitié de nos concitoyens se déclarent gênés par le bruit à leur domicile.

Le bruit généré par les infrastructures de transport, en particulier la route, apparaît ainsi comme la principale source de leurs récriminations.

Depuis des années, la politique du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer pour limiter et réduire les nuisances sonores liées aux réseaux d'infrastructures repose sur deux types de mesures.

La première est d'ordre préventif : il s'agit d'une part, du classement sonore des voies bruyantes et de la définition des secteurs dans lesquels l'isolation des bâtiments doit être renforcée, d'autre part, de la prise en compte et de la limitation des nuisances lors de la construction d'une infrastructure nouvelle ou de la modification significative d'une voie existante.

La seconde, d'ordre curatif, consiste à résorber au moyen d'actions à la source ou sur les bâtiments, les situations de bruit excessif.

Dans le prolongement des mesures qui découlent de la mise en œuvre de la Directive Européenne de 2002 (prescrivant la réalisation de cartes de bruit et de plans d'actions concernant les principaux réseaux et les grandes agglomérations) et des actions conduites dans le cadre du plan national d'action contre le bruit entre 2003 et 2008, l'article 41 de loi n° 2009-967 du 3 août 2009, de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement, donne une nouvelle impulsion à la politique de lutte contre les nuisances sonores.

Il prévoit en effet que les points noirs du bruit seront inventoriés sur l'ensemble des réseaux et que les situations les plus préoccupantes pour la santé feront l'objet d'une résorption dans un délai maximal de sept ans.

Afin d'atteindre cet objectif, l'État augmente dès cette année ses financements et négocie un accroissement des moyens consacrés à la lutte contre le bruit des infrastructures avec les collectivités territoriales et les opérateurs des transports routiers et ferroviaires.

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie mobilise également des crédits importants afin de mener des opérations d'envergure sur les réseaux des collectivités et le réseau ferroviaire. Dans ce cadre, les actions permettant une réduction du bruit "à la source" seront privilégiées.

Cette mobilisation, forte de l'ensemble des acteurs concernés, est le signe d'une mutation écologique et devrait permettre de répondre aux attentes fortes de nos concitoyens en matière de qualité de leur environnement sonore.

Pascal Valentin

Chef mission bruit et agents physiques

Direction générale de la prévention des risques

Service de la prévention des nuisances et de la qualité de l'environnement

Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer

Le Centre d'Information et de Documentation sur le Bruit (CIDB) est une association loi 1901 reconnue d'utilité publique dont la mission est d'informer, sensibiliser, documenter et former sur le thème de la protection de l'environnement sonore.

Créé en 1978 à l'initiative du Ministère de l'Environnement, le CIDB constitue un élément permanent de rencontre et de coopération entre les différents acteurs de la réduction des nuisances sonores : particuliers et spécialistes de l'acoustique, ministères et administrations délocalisées, collectivités territoriales, grands industriels et laboratoires de recherche...

Partenaire naturel du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, le CIDB bénéficie également depuis sa date de création, du soutien du Ministère de l'Equipement et du Ministère de la Santé.

Lieu de ressources et de diffusion de l'information vouée à la promotion de la qualité de notre environnement sonore, le CIDB :

- réunit les informations et la documentation sur le bruit et les met gratuitement à la disposition du public à travers sa bibliothèque,
- gère un site internet très documenté : www.bruit.fr,
- offre un service d'accueil téléphonique gratuit aux personnes souhaitant trouver une solution réglementaire ou technique à leurs problèmes de bruit,
- édite des revues pour les professionnels et les collectivités locales, des plaquettes d'information et de sensibilisation, des dossiers techniques, l'annuaire de l'environnement sonore,
- organise des stages de formation, des colloques et journées techniques,
- réalise la maîtrise d'ouvrage d'actions d'information menées par les collectivités locales ou les entreprises,
- conduit des études et recherches d'ordre documentaire pour le compte d'organismes ou entreprises.

Dans le domaine des écrans routiers, le CIDB organise régulièrement, en partenariat avec CIMBETON et la Commission nationale des écrans acoustiques, des colloques nationaux sur cette thématique spécifique afin de présenter les nouveautés dans le domaine de la normalisation européenne, de la réglementation et des techniques de construction et de mise en œuvre. Une large place est également faite à la réduction du bruit des transports dans tous les congrès plus généraux que le CIDB organise sur la maîtrise des nuisances sonores. Enfin, le CIDB organise chaque année, pour le Conseil national du Bruit, le concours du Décibel d'Or qui, à plusieurs reprises depuis sa création en 1991, a récompensé des réalisations d'écrans acoustiques en bordure de voies routières ou ferroviaires bruyantes.

CIDB • 12/14, rue Jules Bourdais • 75017 Paris
Tél. 01 47 64 64 64 • E-mail : cidb@cidb.org
Site : www.bruit.fr

Quelques notions d'acoustique

1.1 - Qu'est ce que le son ?

1.2 - Composition d'un son

1.3 - Propagation du son

1.4 - Perception d'un son

1.5 - Bruit et santé

1.6 - Arithmétique particulière du décibel

1.7 - Niveau de pression acoustique pondéré dB(A)

1.8 - Pondération du bruit routier

1.9 - Niveau équivalent Leq

1.1 Qu'est-ce que le son ?

Le son peut-être défini comme un phénomène vibratoire. Il correspond à une variation de pression de l'air autour de la pression d'équilibre d'un milieu. Dans l'air, cette pression d'équilibre est la pression atmosphérique. Trois phénomènes majeurs sont responsables des bruits que nous entendons : l'émission, la propagation et la réception.

L'émission est l'origine du bruit, aussi appelée source sonore ; elle donne naissance à un bruit en mettant en vibration les particules d'air, obtenant ainsi des variations rapides de la pression de l'air environnant. Cette succession de zones de pression et de dépression constitue l'onde acoustique et son mode de propagation. Lorsqu'elle parvient à nos oreilles, elle excite le tympan qui entre à son tour en vibration et nous permet, via notre système auditif, de percevoir le son.

La vitesse de propagation du son dans l'air est de 340 m/s.

Nota

Définition selon le dictionnaire de l'académie française : "le bruit est un son ou un ensemble de sons qui se produisent en dehors de toute harmonie régulière".



1.2 Composition d'un son

En utilisant un microphone comme récepteur, l'onde sonore est transformée en un signal électrique exploitable. L'analyse du bruit est alors possible en étudiant son spectre caractérisé entre autres par sa fréquence et son niveau.

1.2.1 - La fréquence

La fréquence d'un son est le nombre de fluctuations de la pression autour de la pression atmosphérique en une seconde. Son unité est le Hertz (Hz) - exemple : 100 Hz correspondent à 100 vibrations par seconde. Plus la fréquence est élevée, plus le son est aigu. À l'inverse, plus elle est basse, plus le son est grave. Les sons graves correspondent aux fréquences comprises entre 20 et 400 Hz.

Tableau n°1 : fréquences et types de sons associés		
Fréquences	Type de sons	Audibilité
Supérieure à 20 000 Hz	Ultrasons	Inaudible
1 600 Hz / 16 000 Hz	Aigus	Audible
400 Hz / 1 600 Hz	Médiums	Audible
20 Hz / 400 Hz	Graves	Audible
Inférieurs à 20 Hz	Infrasons	Inaudible

L'oreille humaine perçoit des sons allant de 20 Hz (grave) à 20 000 Hz (aigu). Cette plage de fréquences perçues varie selon les individus. Certains textes réglementaires ne prennent en compte qu'une plage réduite aux fréquences de 100 à 5 000 Hz car cela correspond à la gamme de sensibilité maximum de l'oreille humaine. La plage des fréquences est décomposée en six bandes d'octave centrées sur 125, 250, 500, 1000, et 4 000 Hz. Chaque bande d'octave peut à son tour être séparée en trois groupes appelés tiers d'octave.

Tableau n° 2 : décomposition de la plage des fréquences en bandes d'octave et de tiers d'octave																	
Bandes fines (Hz) de 100 Hz à 5 000 Hz : une infinité de fréquences																	
100																5 000	
Bandes de tiers d'octave (Hz)																	
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500	3 150	4 000	5 000
Bandes d'octave (Hz)																	
125			250			500			1 000			2 000			4 000		
Sons graves						Médium						Sons aigus					

1.2.2 - Le niveau sonore

Un son pur ne contient qu'une seule fréquence. Un bruit est composé d'une multitude et d'une superposition de sons d'une infinie diversité ayant des intensités et des fréquences différentes. Ainsi un bruit peut s'étendre sur un domaine fréquentiel large tout en ayant un caractère grave ou aigu suivant le niveau sonore de chaque fréquence. Il est ensuite possible de donner un niveau global du bruit en effectuant un calcul du niveau sonore à partir de chaque fréquence ou bande de fréquence.

La pression acoustique d'un bruit est mesurée en Pascal (Pa). L'oreille est sensible à des pressions allant de 0,00002 Pa à 20 Pa, soit un rapport de 1 à 1 000 000. Pour ramener cette large échelle de pression à une échelle plus réduite et donc plus pratique d'utilisation, il a été choisi de la traduire en une notation logarithmique : le décibel (dB).

L'amplitude d'un niveau de pression acoustique est donnée en fonction du temps, par le rapport entre le niveau considéré et la valeur minimale audible selon la formule :

$$L_p(t) = 10 \lg \left(\frac{p(t)}{p_0} \right)^2 \text{ en décibel}$$

avec : $p(t)$ pression acoustique efficace en Pascals

et $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ pression acoustique de référence (correspondant au seuil d'audibilité).

Cette notation logarithmique permet de traduire la plage de sensibilité de l'oreille humaine en une échelle variant de 0 à 140.

Tableau n° 3 : échelle des niveaux acoustiques		
Pression (en Pa)	Niveau acoustique (en dB)	Exemples de bruits
200	140	Avion à réaction au décollage
20	120	Banc d'essai pour moteurs, ateliers de chaudronnerie
2	100	Circulation poids lourds, klaxon à 4 m de distance
0,2	80	Rue à grande circulation, bureau avec bruit de machines
0,02	60	Rue à faible circulation, bureau avec bruit de conversation
0,002	40	Campagne tranquille, conversation à voix basse
0,0002	20	Studio d'enregistrement
0,00002	0	Seuil d'audibilité de l'homme jeune pour les sons purs de fréquence 1 000 Hz

1.3 Propagation du son

La propagation d'une onde sonore est fonction de nombreux paramètres météorologiques et topographiques.

1.3.1 - Vitesse du son

Pour se propager, les ondes sonores ont besoin de mettre en mouvement des particules. C'est la raison pour laquelle elles ne peuvent pas se propager dans le vide.

La vitesse de propagation dépend de nombreux facteurs dont :

- la nature du milieu propagatif ;
- la température et l'humidité.

La vitesse de propagation est fonction du type de matériau dans lequel se propage l'onde.

Tableau n° 4 : vitesse de propagation du son dans divers matériaux	
Matériau	Vitesse en m/s
Caoutchouc	40 à 150
Air	340
Eau	1 460
Béton	3 500

Nota

On peut en observer une application pratique pendant un orage. En effet, la vision d'un éclair nous arrive bien avant le son car la vitesse de la lumière est de 300 000 km/s et la vitesse du son de 340 m/s seulement.

Les ondes sonores subissent plusieurs types d'atténuation lors de leur propagation dans l'air. Plusieurs paramètres interviennent dans la propagation du son dans l'air :

- les conditions climatiques (présence de vent) ;
- la présence d'obstacle ;
- la gamme de fréquences concernée (les hautes fréquences sont plus rapidement atténuées que les basses fréquences).

1.3.2 - Dilution

Le son propage une énergie sonore (quantifiée en décibels). Cette énergie n'est pas constante le long du parcours de l'onde acoustique. L'onde "perd de l'énergie à se propager", car elle doit mettre des particules en mouvement. Le bruit diminue donc lorsque l'on s'éloigne d'une source de bruit.

Dans le cas d'une source ponctuelle, l'atténuation globale du bruit est de 6 dB par doublement de distance. Cette atténuation n'est que de 3 dB dans le cas d'une source linéaire, comme un flux de véhicules circulant sur un axe routier.

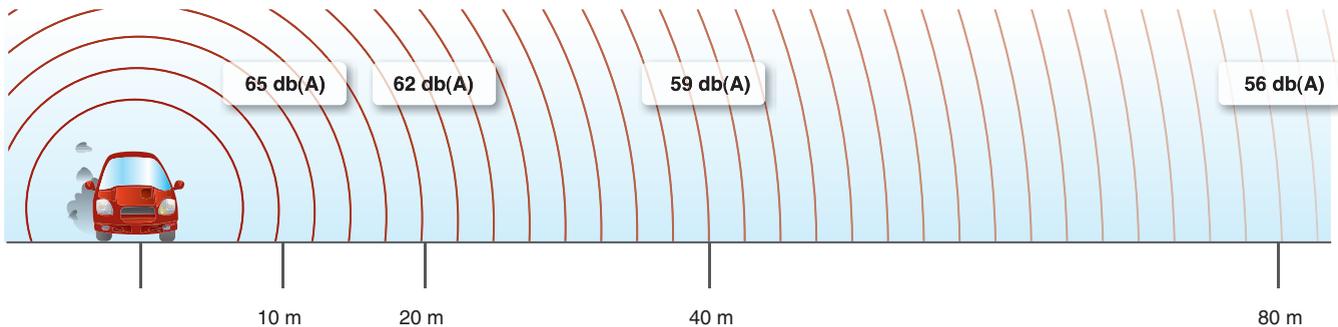


Figure n° 1 : dilution du bruit.

1.3.3 - Effet d'obstacle

Les ondes sonores sont atténuées lorsqu'elles rencontrent un obstacle. Une zone d'ombre acoustique est ainsi créée à l'arrière de l'obstacle.

1.3.4 - Conditions climatiques

Les conditions climatiques, la chaleur, le vent, les gradients de température en particulier ont une incidence significative sur la propagation des ondes.

1.4 Perception d'un son

L'oreille est le seul des cinq sens qui reste en éveil 24 heures sur 24. Tout comme un microphone, elle transforme les variations de pression en signal électrique. La figure n° 2 illustre les trois parties (oreille externe, moyenne et interne) qui composent l'oreille humaine.

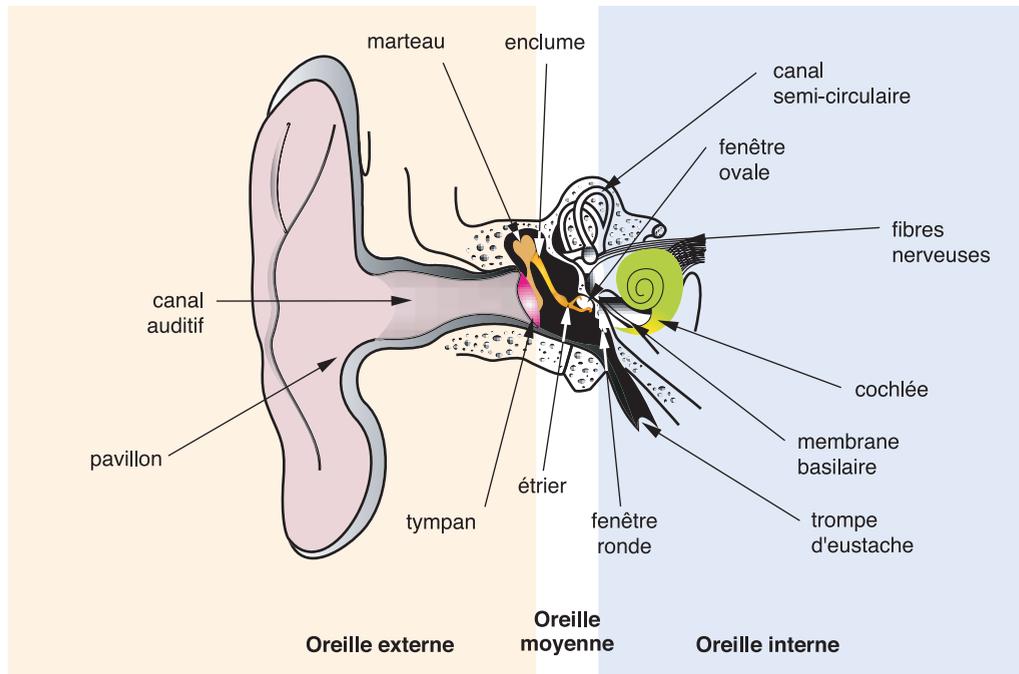


Figure n° 2 : schéma de l'oreille humaine.

Le pavillon de l'oreille capte les ondes sonores et les dirige dans le canal auditif. Au bout de ce canal, la membrane du tympan mis en vibration, transforme l'énergie acoustique transportée par l'onde sonore en énergie mécanique grâce à la chaîne des trois osselets (le marteau, l'enclume, l'étrier) et amplifie la vibration. Ces vibrations mécaniques pénètrent ensuite dans la cochlée qui, grâce à ses cellules ciliées tapissées en spirale sur sa paroi et fonctionnant comme des amplificateurs très sélectifs, transforme ce signal mécanique en signal électrique. Ces cellules ciliées sont activées de manière préférentielle par une fréquence sonore donnée. Selon cette fréquence, certains cils entrent en vibration et provoquent des influx nerveux transmis par le nerf auditif sous forme d'impulsions successives aux centres nerveux du cerveau qui les réceptionne et les analyse. En cas d'excitation sonore très importante sur une ou plusieurs fréquences, les cils concernés oscillent avec une forte amplitude et peuvent tomber. La chute de ces cils engendre une surdité irréversible localisée sur cette bande de fréquences car ces cellules ciliées ne se renouvellent pas.

1.5 Bruit et santé

Les effets du bruit sur la santé sont divers et ne se limitent pas uniquement à des troubles auditifs. Ils sont variables selon chaque individu, chacun ayant sa propre perception du bruit. Certes, l'oreille est la première touchée lors d'une exposition ponctuelle à un son de puissance très élevée (une explosion par exemple) ou lors d'expositions répétées à des sons de forte puissance (discothèques, concerts de rock, baladeurs, travaux bruyants, etc.) : un certain nombre de cellules nerveuses de l'audition sont alors définitivement détruites, entraînant des surdités plus ou moins graves. Les effets du bruit sur l'homme sont nombreux : effets importants sur le sommeil, perturbations psychologiques et de comportement, perturbation de la qualité de vie...

Le rapport "Les effets du bruit sur la santé et des lésions irréversibles traumatisantes", remis en 1995 au Ministère de la Santé et diffusé par le CIDB (Centre d'information et de documentation sur le bruit), précise : "pas plus que la nourriture n'agit sur le système digestif, le bruit ne cantonne ses effets à l'audition". Ce rapport décrit ainsi toute une série d'effets du bruit, allant de la simple gêne aux effets les plus graves du stress.

Les auteurs du rapport citent ainsi plusieurs études montrant que le taux de consultations médicales est beaucoup plus élevé pour des personnes habitant dans des zones bruyantes qu'en zones calmes. Dans ces zones, par exemple, les médecins prescrivent plus de médicaments destinés à lutter contre l'hypertension artérielle, de somnifères et de tranquillisants qu'ailleurs. Les consultations en psychiatrie et les internements y sont même plus nombreux. Le bruit a aussi des effets sur le sommeil en provoquant des difficultés d'endormissement et des phases de réveils en cours de nuit. Enfin, le rapport détaille les effets du bruit chez l'enfant : un niveau sonore trop élevé à l'école ou à la maison peut gêner l'intelligibilité du discours des enseignants et entraîner des troubles du langage, des troubles de l'attention et de la mémoire, des retards scolaires, des manifestations d'agressivité, d'irritabilité, mais aussi des sentiments d'isolement et des troubles relationnels, etc. Le bruit semblerait même affecter l'alimentation puisqu'une étude réalisée après l'insonorisation d'une cantine à Créteil montre que le comportement des enfants s'est radicalement transformé : ils ont des conversations plus suivies à table.

La durée d'exposition à un bruit a aussi son importance sur l'organisme humain. Une longue exposition de faible niveau sonore peut être plus traumatisante qu'une exposition courte à un bruit d'intensité élevée.

Niveau sonore
en décibel

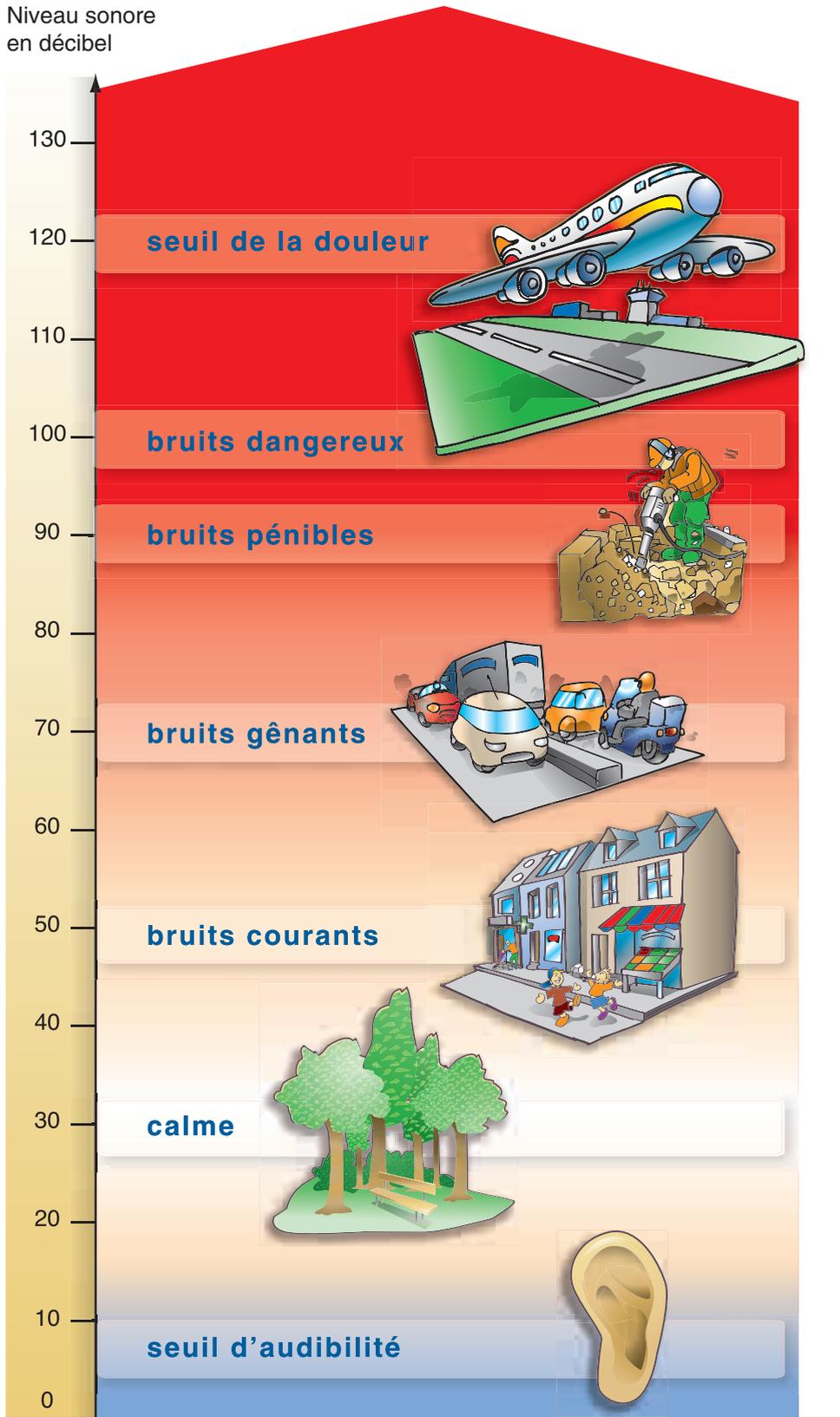


Figure n° 3 : échelle des bruits.

1.6 Arithmétique particulière du décibel

Les niveaux sonores ne peuvent pas s'additionner : ils se "composent".

La formule logarithmique de définition du décibel ne permet pas d'ajouter arithmétiquement les décibels de deux bruits pour arriver au niveau sonore global. Trois règles simples permettent d'illustrer cette arithmétique particulière.

1.6.1 - Bruits de niveaux très différents

Un bruit peut en cacher un autre : quand l'écart entre les deux bruits est supérieur à 10 dB, le plus fort couvre complètement le plus faible.

Exemple : $100 \text{ dB} \oplus 70 \text{ dB} = 100 \text{ dB}$.

1.6.2 - Bruits de niveaux voisins

Quand l'écart entre les deux bruits est inférieur ou égal à 9 dB, il faut calculer la différence entre les deux niveaux sonores en dB et ajouter au niveau le plus élevé la valeur définie dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° 5 : règle d'addition de 2 bruits différents de moins de 10 dB										
Différence entre les deux niveaux sonores	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Valeur en dB à ajouter au niveau le plus fort	3	2,6	2,1	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5

Exemples : $71 \text{ dB} \oplus 71 \text{ dB} = 74 \text{ dB}$

$70 \text{ dB} \oplus 78 \text{ dB} = 78,6 \text{ dB}$

1.6.3 - Bruits de niveaux identiques

Lorsque des sources de bruit ont un niveau sonore identique, on peut obtenir le niveau global en ajoutant au niveau de bruit de base le terme correctif ($10 \log n$, n étant le nombre de bruits identiques).

Tableau n° 6 : valeurs de $10 \log n$

Nombre de sources n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$10 \log n$	3	4,7	6	7	7,8	8,5	9	9,5	10

Exemple : dans le cas où on dispose de deux sources de bruit de 80 dB, le niveau sonore global est de 83 dB ($80 + 3$). Un doublement de l'énergie sonore se traduit par une augmentation de 3 dB :

- 4 sources de bruit de 80 dB donnent 86 dB ;
- 10 sources de bruit de 80 dB donnent 90 dB.

Une diminution du trafic routier de 50 % induit une réduction de 3 dB du niveau de bruit.

Une diminution de 3 dB correspond à une réduction de moitié du volume sonore perçu par l'oreille humaine.

1.7 Niveau de pression acoustique pondéré dB(A)

Le dB (A) est utilisé pour traduire les unités physiques dB en unités physiologiques correspondant aux sensations auditives humaines. Il traduit donc les niveaux sonores perçus par l'oreille humaine. L'oreille humaine n'ayant pas la même sensibilité à toutes les fréquences, les niveaux sonores pour chaque bande d'octave sont pondérés selon des valeurs normalisées par bande de fréquence. Le dB(A) permet de moduler l'impact des fréquences, en donnant moins d'importance aux basses fréquences qu'aux hautes fréquences.

Le tableau n° 7 précise comment le niveau de 70 dB par bande d'octave a été pondéré en dB(A).

Tableau n° 7 : pondérations en dB(A)						
Fréquences médianes (Hz)	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Niveau en dB	70	70	70	70	70	70
Pondération A	-16	- 8	- 3	0	+1	+1
Niveau en dB (A)	54	62	67	70	71	71

Cette table de pondération permet d'intégrer l'incidence des fréquences en tenant compte de la sensibilité effective de l'oreille qui est maximum pour les hautes fréquences.

Tableau n° 8 : quelques exemples de dB(A)	
	Valeurs en dB(A)
Conversation normale	55 à 60
Trafic automobile courant	70 à 80
Trafic poids lourds	90 à 95
Sirène de pompier	101
Bang d'un mirage III	129

Nota

En acoustique, l'indice et le type de pondération utilisés ont une grande importance. Il existe d'autres types de pondération que la pondération A. Ils ne sont pas utilisés dans le domaine des écrans acoustiques.

1.8 Pondération du bruit routier

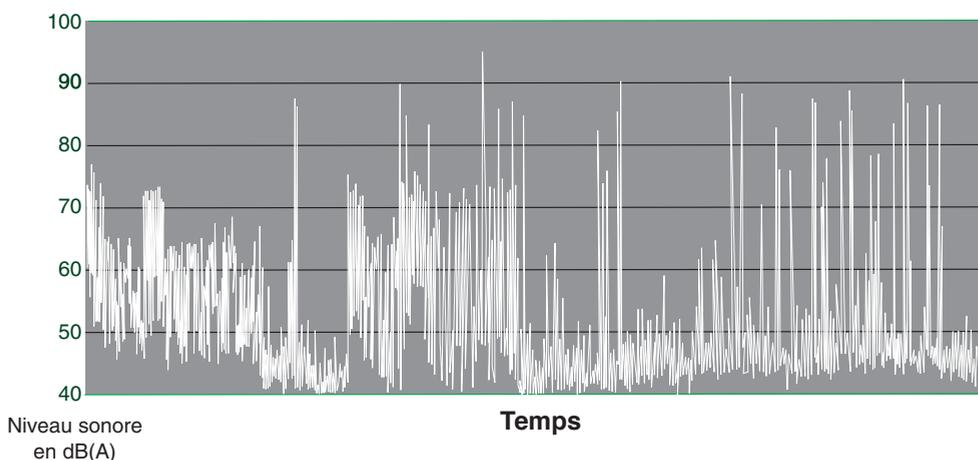
Complémentaire à la pondération propre de l'oreille, le bruit routier est caractérisé par le fait que son spectre en fréquences n'est pas constant sur toute la plage des fréquences audibles. Ceci est dû au fait que la signature sonore d'un véhicule léger n'est pas la même que celle d'un poids lourd. De nombreuses mesures sur site ont permis d'établir un spectre de référence qui a été repris dans les textes normatifs et réglementaires.

Tableau n° 9 : pondération normalisée du bruit routier						
Fréquence médiane (en Hz)	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Pondération en dB du bruit routier	-20	-15	-12	-8	-11	-16

On observe ainsi que le bruit routier est maximum à la fréquence de 1 000 Hz. Il est très fortement pondéré en basses fréquences, un peu moins en hautes fréquences.

1.9 Niveau équivalent Leq

Le bruit routier constitue une variable aléatoire du niveau de pression acoustique au cours du temps. Il s'agit d'un phénomène essentiellement fluctuant au cours de la période d'observation, comme le montre le graphique n° 1.



Graphique n° 1 : bruit routier en façade d'un bâtiment d'habitation en fonction du temps.

Il est donc possible de le caractériser avec des valeurs conventionnelles (niveaux max, niveau sonore de crête, crête à crête, RMS). Plusieurs indices acoustiques généraux ont été conçus depuis une cinquantaine d'années, dont les principaux sont, soit des indices issus de l'analyse statistique, soit des indices énergétiques.



Les textes réglementaires actuels reposent sur la notion de niveau sonore équivalent (L_{eq}), associé à des périodes d'exposition et des valeurs limites. Ce niveau exprime la moyenne de l'énergie acoustique perçue par un individu et représente un cumul de bruits sur une période donnée. Le L_{eq} correspond donc à la moyenne d'un signal sonore fluctuant. Son expression formelle est indiquée ci-dessous en fonction des niveaux L_i reçus pendant l'intervalle de temps.

- Forme discrète :
$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \sum 10^{\frac{L_i}{10}} t_i \right]$$
- Forme continue :
$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{T} \int 10^{\frac{L}{10}} dt \right]$$

Les durées d'observation sont celles indiquées dans la réglementation (exemples : 8 heures/20 heures ou 6 heures/22 heures) – voir le chapitre 2 cadre législatif et réglementaire.

Nota

En général, aux abords des voies de circulation, la différence de niveaux sonores équivalents entre le jour et la nuit est de l'ordre de 10 dB(A).



Chapitre

2

Le cadre législatif et réglementaire

**2.1 - Directive européenne
du 25 juin 2002**

**2.2 - Loi sur le bruit
du 31 décembre 1992**

2.3 - Décrets, arrêtés et circulaires

La politique de réduction des nuisances sonores générées par les bruits des transports terrestres (routiers et ferroviaires) s'appuie sur un ensemble de textes réglementaires, dans un contexte européen en constante évolution.

La loi sur le bruit et des décrets et arrêtés ministériels définissent les critères de protection des populations contre ces nuisances. Les niveaux sonores admissibles en façade sont imposés en fonction de la destination des bâtiments (bâtiments résidentiels, établissements d'enseignement, établissements de santé, bureaux, etc.). Les dispositions concernent aussi bien la construction de voies nouvelles routières ou ferroviaires, que l'aménagement de voies existantes afin d'assurer le confort des riverains vis-à-vis de ces infrastructures.

Cet arsenal réglementaire privilégie la protection des nuisances sonores à la source. Le respect des seuils réglementaires doit être obtenu de préférence par un traitement direct de l'infrastructure et de ses abords.

Nota

Les textes réglementaires sont présentés dans les paragraphes suivants par ordre d'importance et par thèmes (bruit routier, bruit ferroviaire, etc.).

2.1 Directive européenne du 25 juin 2002

Le Parlement européen et le Conseil de l'Union européenne ont adopté, le 25 juin 2002, une directive relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement. Cette directive ambitieuse, qui a été transposée en droit français en juillet 2004, vise à favoriser une approche globale et commune du bruit dans un cadre européen. Elle définit une démarche homogène en matière de réduction de nuisances sonores à l'échelle européenne.

Cette directive constitue le cadre des actions des collectivités locales en matière de lutte contre le bruit des transports. Elle s'applique aux bruits générés par les infrastructures de transports routiers et ferroviaires, les transports aériens et les sites d'activités industrielles.

Elle prévoit en particulier que chaque État membre :

- évalue l'exposition au bruit des populations et élabore une cartographie du bruit (carte de bruit stratégique). Dans les grandes agglomérations et le long des principaux axes de transport, des cartes du bruit recensant les principales sources de bruit seront établies. Elles représenteront les niveaux de bruit selon une échelle graduée tous les 5 dB(A).

Deux indicateurs seront utilisés :

- l'indicateur de bruit agrégé sur 24 heures, Lden ;
- l'indicateur de bruit de nuit, Lnight.

- informe objectivement le public sur les niveaux d'exposition et les effets du bruit sur la santé.
- mette en œuvre des plans d'actions afin de réduire les nuisances sonores et lutter efficacement contre le bruit.



Les pouvoirs publics disposeront, grâce aux cartes de bruit, d'une estimation des populations soumises à des bruits excessifs et de leur localisation, ce qui permettra de mettre en œuvre les mesures nécessaires pour réduire les nuisances sonores.

Les cartographies et plans d'actions devront être établis avant les échéances suivantes.

Tableau n° 10 : échéances de la mise en place des cartographies et plans d'actions		
	Publication de la carte bruit	Adoption de plan d'action
Agglomérations de plus de 250 000 habitants	30 juin 2007	18 juillet 2008
Agglomérations de plus de 100 000 habitants	30 juin 2012	18 juillet 2013
Infrastructures routières de plus de 6 millions de véhicules par an	30 juin 2007	18 juillet 2008
Infrastructures routières de plus de 3 millions de véhicules par an	30 juin 2012	18 juillet 2013
Infrastructures ferroviaires de plus de 60 000 passages de trains par an	30 juin 2007	18 juillet 2008
Infrastructures ferroviaires de plus de 30 000 passages de trains par an	30 juin 2012	18 juillet 2013

Les mesures figurant dans les plans sont laissées à la discrétion des autorités compétentes (État et/ou collectivités locales). La directive n'impose donc pour l'instant aucun niveau sonore maximum.

L'annexe 1 de la directive introduit, pour évaluer les nuisances sonores, un nouvel indicateur commun aux États de l'Union, Lden, qui intègre une moyenne pondérée des niveaux sonores de jour, de nuit et en soirée. Actuellement, en France, le niveau sonore est exprimé par l'indicateur LAeq. La réglementation française se mettra, dans les prochaines années, en conformité avec cet indice.

2.2 Loi sur le bruit du 31 décembre 1992

La Loi Cadre n° 92-144 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit (JO du 1^{er} janvier 1993) a pour objet de prévenir, supprimer ou limiter l'émission ou la propagation des bruits et des vibrations pouvant causer un trouble excessif aux personnes ou nuire à leur santé ou porter atteinte à l'environnement. Elle précise que la conception, l'étude et la réalisation des aménagements et des infrastructures de transports terrestres doivent prendre en compte les nuisances que la réalisation ou l'utilisation de ces aménagements et infrastructures provoquent à leurs abords.

Concernant la protection des riverains vis-à-vis des bruits résultant des transports routiers et ferroviaires, elle introduit une différenciation entre le jour et la nuit sur la base d'un niveau sonore énergétique à ne pas dépasser en façade et prévoit la réduction des nuisances à un niveau sonore diurne moyen inférieur à 60 dB(A). Elle préconise en particulier le traitement des dépassements de seuils de niveau sonore par une action sur l'infrastructure et ses abords en prévoyant des protections acoustiques adaptées. Cette loi définit les grandes orientations tant en matière de prévention que de résorption du bruit et constitue le fondement du dispositif réglementaire et des plans d'actions menées par les pouvoirs publics en matière de lutte contre les nuisances sonores.



2.3 Décrets, arrêtés et circulaires

La loi sur le bruit a été complétée régulièrement depuis trois ans par un ensemble de textes réglementaires comprenant des décrets, des arrêtés et des circulaires. Les principaux textes sont présentés et analysés dans les paragraphes suivants.

2.3.1 - Décrets n° 95-21 et 95-22 du 9 janvier 1995

Les décrets n° 95-21 et 95-22 du 9 janvier 1995 pris en application de l'article 13 de la loi sur le bruit, concernent respectivement les deux points ci-dessous.

- Le recensement et le classement en cinq catégories, précisées dans l'arrêté du 30 mai 1996, des voies existantes dont le trafic journalier moyen est supérieur aux valeurs suivantes :

- voies routières : 5 000 véhicules ;
- lignes ferroviaires : 50 trains ;
- lignes en site propre : 100 autobus ou trains.

- Toutes les voies nouvelles et la modification des voies existantes qui sont considérées comme étant significatives lorsque le niveau sonore augmente de plus de 2 dB(A).

2.3.2 - Arrêtés du 5 mai 1995 et du 8 novembre 1999

Les arrêtés (5 mai 1995 pour les infrastructures routières et du 8 novembre 1999 pour les infrastructures ferroviaires) introduisent la prise en compte du bruit lors de la construction de voies nouvelles ou de la transformation de voies existantes.

L'arrêté du 5 mai 1995 fixe en particulier les niveaux maximums admissibles correspondants aux périodes diurnes et nocturnes en fonction de l'usage et de la nature des locaux concernés. Ils sont exprimés en terme de niveau global de bruit (L_{Aeq}) mesuré en façade sur une période de référence. Les valeurs sont récapitulées dans le tableau n° 11.

**Tableau n° 11 : limites admissibles de bruit en façade
LAeq selon l'arrêté du 5 mai 1995 pour les infrastructures routières**

Usage et nature des locaux	LAeq (6 h-22 h)	LAeq (22 h-6 h)
Établissement de santé, de soins et d'action sociale	60 dB(A)	55 dB(A)
Établissement d'enseignement (à l'exclusion des ateliers bruyants et des locaux sportifs)	60 dB(A)	Pas d'exigence
Logements en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	60 dB(A)	55 dB(A)
Autres logements	65 dB(A)	60 dB(A)
Locaux à usage de bureaux en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	65 dB(A)	Pas d'exigence

L'arrêté du 8 novembre 1999 fixe des niveaux maximums admissibles pour les mêmes types de locaux. Les valeurs les plus courantes, concernant les logements en zone d'ambiance préexistante modérée, sont de 63 dB(A) en période diurne (6 h-22 h) et de 58 dB(A) en période nocturne (22 h-6 h). D'une manière générale, les valeurs correspondent à celles des infrastructures routières majorées de 3 dB(A).

Nota

La notion d'ambiance préexistante modérée est parfaitement définie dans le texte. Elle concerne les zones où le niveau sonore avant mise en place de l'infrastructure est particulièrement bas.

Les indicateurs de gêne ferroviaire sont spécifiques, ce qui explique l'écart de 3 dB(A) par rapport à la gêne due au bruit routier.

2.3.3 - Arrêté du 30 mai 1996

L'arrêté du 30 mai 1996 précise les modalités de classement sonore des infrastructures de transport terrestres. Elles sont classées de 1 à 5 du plus au moins bruyant. L'arrêté permet de définir la largeur maximale des secteurs affectés par le bruit de part et d'autre de l'infrastructure (de 10 à 300 m) et l'isolement acoustique de façade nécessaire aux bâtiments situés à proximité de la voie (de 30 à 45 dBA).

L'arrêté du 30 mai 1996, actuellement en révision, devrait paraître dans une nouvelle version courant 2010.

2.3.4 - Circulaire du 12 décembre 1997

La circulaire du 12 décembre 1997, conjointe aux ministères de l'Équipement et de l'Environnement, explique et précise plusieurs points des textes réglementaires, en particulier :

- l'antériorité ;
- le changement de période de référence ;
- les prévisions d'évolution de trafic ;
- les zones d'ambiance modérée ;
- la transformation significative d'une infrastructure ;
- les calculs prévisionnels ;
- les modes de protection.

Le texte de la circulaire précise (au paragraphe 1.3) que "**La protection à la source (écrans acoustiques ou dispositions prises au niveau ou en bordure des voies) sera recherchée en priorité.**"

L'annexe (au paragraphe 9) indique que : "Si la réalisation d'ouvrages de protection s'avère nécessaire malgré les dispositions prises lors de la conception des projets, **il convient de protéger les bâtiments riverains, en priorité, par des protections du type écran acoustique**".

2.3.5 - Décret et arrêté du 3 mai 2002 (modifié par le décret du 23 décembre 2003)

Le décret et l'arrêté du 3 mai 2002 sont relatifs aux subventions accordées par l'État pour les opérations d'isolation acoustique des points noirs du bruit des réseaux routiers et ferroviaires nationaux. Elles s'adressent aux propriétaires des locaux d'habitation du parc privé, aux locaux scolaires, de soins et de santé. Le montant de la subvention est compris entre 80 % et 100 % de la dépense, plafonné selon les niveaux sonores auxquels sont exposés les riverains (entre 70 et 80 dBA ou plus).

2.3.6 - Circulaire du 12 juin 2001

Publiée au Bulletin Officiel du ministère de l'Environnement n° 7 et 8 du 20 septembre 2001, la circulaire du 12 juin 2001 prévoit la mise en place par les préfets d'un observatoire du bruit des transports terrestres, et le recensement de toutes les zones de bruit critiques sur l'ensemble des réseaux routiers,



ferroviaires et de transport en commun et donne des pistes pour établir les programmes de résorption des points noirs. Elle vise à dénombrer les personnes exposées aux nuisances sonores générées par les infrastructures et mettre les informations à disposition du public. L'observatoire devra suivre les actions de résorption programmées et mises en œuvre. Cette circulaire a été élaborée par la Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques, la Direction des Routes et la Direction des Transports Terrestres.

Les Directions Départementales de l'Équipement (DDE) sont chargées, sous l'autorité des préfets, de réaliser les études concernant les réseaux routiers. Les financements nécessaires sont mobilisés dans le cadre des contrats d'agglomérations, des contrats de plan État-régions et des opérations d'amélioration de l'habitat. Pour le réseau ferroviaire, l'identification détaillée des points noirs est effectuée sous la maîtrise d'ouvrage de Réseau Ferré de France (RFF).

2.3.7 - Circulaire du 28 février 2002

Cette circulaire concerne les politiques de prévention et de résorption du bruit ferroviaire. Elle est suivie d'une instruction relative à la prise en compte du bruit dans la conception, l'étude et la réalisation des nouvelles infrastructures ferroviaires ou l'aménagement d'infrastructures existantes.

Après un rappel des textes réglementaires existants, la circulaire définit le montant et l'organisation des crédits alloués à cette action : 15 millions d'Euros répartis entre l'État et RFF. En complément des contrats de plan signés par ailleurs, RFF est désigné comme maître d'ouvrage des investissements du réseau ferroviaire. L'instruction rappelle les indicateurs réglementaires et les méthodes de calcul et de mesure à utiliser. Les notions de modification significative, de zone d'ambiance sonore modérée et d'antériorité sont en outre précisées.

2.3.8 - Circulaire du 25 mai 2004

La circulaire du 25 mai 2004 établit un bilan du classement sonore des infrastructures de transport terrestre à partir du constat fait fin 2003 par le ministère de l'Écologie. Elle rappelle aux préfets et aux responsables des collectivités locales les dispositions réglementaires (décrets du 9 janvier 1995) et demande de finaliser le recensement des points noirs bruit, avant fin 2005. Un plan d'action doit, par ailleurs, être établi afin de mettre en application, avant 2008, la directive européenne Bruit.

Cette circulaire introduit, dans son annexe sur les points noirs, le nouvel indicateur Lden. Dans son annexe 3, elle rappelle les différents dispositifs de réduction du bruit disponibles (écrans acoustiques, parements, couronnements, etc.). Il est indiqué que des gains jusqu'à 10 ou 12 dBA peuvent être obtenus par la mise en place d'un écran.

LA RECOMMANDATION TECHNIQUE DU CERTU

Ce texte contient les exigences acoustiques relatives aux produits et aux ouvrages. Il fait respectivement référence aux normes de mesures en vigueur en laboratoire (NF EN 1793 - 1/2/3) et sur site (NFS 31-089).

<i>Exigences relatives aux écrans acoustiques</i>				
<i>Type d'ouvrage</i>	<i>Produits et matériaux</i>		<i>Ouvrages</i>	
	<i>Absorption en dBA</i>	<i>Isolation en dBA</i>	<i>Pertes en réflexion en dBA</i>	<i>Pertes en transmission en dBA</i>
Écran ou paroi simple	4	25	3	27
Écrans parallèles	8	25	5	27
Tunnels, couvertures				
– couverture partielle	12	30	9	30
– couverture totale	12	40	9	40

2.3.9 - Arrêté du 20 août 1985

Cet arrêté fixe les normes d'émission sonore que doivent respecter les installations classées ainsi que la méthodologie d'évaluation de leurs effets sur l'environnement. Son instruction indique les niveaux limites admissibles pour les



installations nouvelles. L'objectif est de 35 dB(A) de jour et 30 dB(A) de nuit dans les locaux d'habitation. En extérieur, l'objectif varie de 45 à 70 dB(A) de jour selon le type de zone concernée.

Il définit également comment doit être menée l'instruction des plaintes dans le cas des installations existantes, sachant que dans ce cas, le bruit de l'installation ne doit pas faire apparaître une émergence supérieure à 3 dB(A), ni un niveau sonore supérieur à une valeur limite définie. Le niveau sonore prend en compte une pondération liée à sa durée d'apparition pendant le temps d'observation.

2.3.10 - Arrêté du 23 janvier 1997

Cet arrêté ne concerne que certaines installations classées soumises à autorisation. Il définit des valeurs d'émergence admissible (de 3 à 6 dB(A) selon la période jour/nuit et le niveau ambiant) ainsi que les niveaux de bruits à ne pas dépasser (60 et 70 dB(A) selon la période jour/nuit). Son annexe décrit la méthode de mesures, qui précise certains points de la norme de mesures dans l'environnement.

2.3.11 - Arrêtés du 30 juin 1997

Ces arrêtés ne concernent que certaines installations classées soumises à déclaration. L'annexe 1 de chacun des quatre arrêtés précise les valeurs limites de bruit et d'émergence. Elles sont identiques à celles de l'arrêté du 23 janvier 1997. La méthode de mesure doit être celle de l'annexe de ce même arrêté.

LA PUBLICATION DES LOIS ET RÈGLEMENTS

Les lois et règlements doivent, pour être obligatoires, avoir été portés à la connaissance des citoyens. Les actes individuels doivent ainsi être notifiés aux personnes qui en font l'objet alors que les actes réglementaires doivent être publiés.

1. La publication des lois et décrets

Conformément au décret du 5 novembre 1870 relatif à la promulgation des lois et décrets, les lois et décrets ne deviennent obligatoires que par leur publication au Journal officiel de la République française (édition lois et décrets), à l'expiration d'un délai d'un jour franc à compter de la date de cette publication à Paris, ou de la date d'arrivée du Journal officiel au chef-lieu de l'arrondissement pour la France métropolitaine et les départements d'outre-mer.

Seule cette publication fait foi.

2. La publication des autres actes réglementaires

Outre les décrets, sont également publiés au Journal officiel les actes réglementaires pris par des autorités de l'État compétentes au niveau national (arrêtés ministériels, actes des autorités administratives indépendantes, etc.). Les arrêtés des ministres sont souvent publiés, en sus, aux bulletins officiels des ministères.

La publication au seul bulletin officiel n'est possible que si l'acte réglementaire n'intéresse qu'une catégorie très spécifique d'administrés (essentielle-ment, les fonctionnaires et agents du ministère).

Les actes des autorités locales obéissent à des modalités de publications particulières. Ils n'apparaissent pas au Journal officiel et ne sont pas consul-tables par Légifrance.

3. Les circulaires et instructions

Ces actes sont, en principe, dépourvus de valeur réglementaire. Ils se bor-nent à donner des instructions aux services pour l'application des lois et des décrets, ou à préciser l'interprétation de certaines dispositions. Ils ne sont pas toujours publiés. Le mode de publication normal est l'insertion aux bul-letins officiels des ministères. Seules les circulaires les plus importantes font l'objet d'une publication au Journal officiel.

4. Les autres publications

La direction des Journaux officiels publie également :

- le Journal officiel des associations et fondations d'entreprises ;
- le bulletin officiel des annonces de marchés publics ;
- le bulletin officiel des annonces légales obligatoires.

Source : Légifrance

MARQUAGE CE ET DISPOSITIFS DE RÉDUCTION DU BRUIT, À QUOI ÇA SERT ?

Le marquage CE est le sigle visible obligatoire permettant la mise des produits sur le marché européen. Le marquage CE est un "passeport européen" obligatoire d'ordre réglementaire. Il est, de par sa nature, destiné principalement aux autorités de surveillance des États membres de l'Espace Économique Européen.

Le marquage CE s'appuie sur la partie réglementaire des normes européennes ; c'est-à-dire sur l'annexe ZA qui définit en particulier le système d'attestation de conformité applicable : le niveau 3 pour les dispositifs de réduction du bruit défini dans le mandat M111.

Le niveau 3 implique la réalisation d'essais de type par un organisme notifié par un État membre (en France, le CERIB est un organisme notifié). Le fabricant doit mettre en œuvre un contrôle de production en usine, c'est-à-dire une assurance de la qualité formalisée dans un manuel.

Le marquage CE selon la norme NF EN 14388 : 2005 est devenu obligatoire en France depuis le 1^{er} mai 2007. Il concerne les produits suivants :

- les écrans acoustiques ;
- les revêtements de parois routières (parements de trémie et piédroits) ;
- les produits de couverture ;
- les produits additionnels (couronnements).

Pour chaque famille de produits, la norme NF EN 14388 indique les essais qui doivent être effectués dans le cadre des Essais de Type Initiaux, parmi ceux indiqués ci-dessous.

Objet	Norme
Absorption acoustique	NF EN 1793-1
Isolation acoustique	NF EN 1793-2
Diffraction acoustique	CEN/TS 1973-4
Essais mécaniques	NF EN 1794-1
Sécurité et environnement	NF EN 1794-2
Performances à long terme – caractéristiques acoustiques	EN 14389-1
Performances à long terme – caractéristiques non acoustiques	EN 14389-2

La norme EN 14389-1 est publiée depuis mai 2009.

Les normes 1793-1 et 2, 14388 vont être révisées en intégrant dans leurs nouvelles versions en 2012 la séparation de la norme 1793-5 en deux parties : la norme CEN TS 1793-5 pour l'absorption acoustique restera expérimentale pour le moment, et la norme EN 1793-6 pour la transmission acoustique deviendra une norme homologuée. Ainsi dans la nouvelle version de la norme 14388, l'annexe ZA distinguera deux normes pour la mesure de l'isolation acoustique : la norme 1793-2 : 2012 pour la mesure de l'isolation en champ réverbéré, et la norme EN 1793-6 pour la mesure de l'isolation en champ libre.

LES POINTS NOIRS BRUIT

Les points noirs bruit sont des zones, réparties sur le territoire national, caractérisées par des critères acoustiques et d'antériorité. Ils sont concernés par le bruit des réseaux routier et/ou ferroviaire. Dans ce dernier cas, le texte distingue les lignes rapides des voies traditionnelles.

Caractéristiques acoustiques

Des valeurs limites sont définies pour les périodes diurne et nocturne. Elles correspondent à des niveaux sonores en façades de bâtiments traduits par l'indicateur LAeq. Ces niveaux sonores sont reconnus pour provoquer une gêne très importante ou des perturbations du sommeil. Sont concernés, les locaux à usage d'habitation, d'enseignement, de soin, de santé ou d'action sociale.

Valeurs limites en dB(A)	Bruit		
	Routier	TGV Ferroviaire	Autres cas
Diurne (6 h-22 h)	70	70	73
Nocturne (22 h-6 h)	65	65	68

Caractéristiques d'antériorité

La date de référence prise en compte est le 6 octobre 1978 pour les locaux d'habitation. L'antériorité pour les établissements d'enseignement, de soins et de santé doit être recherchée en prenant en compte l'arrêté préfectoral pris en application du Code de l'environnement.

La contribution sonore de la source de bruit, après traitement, doit être ramenée à 65 dB(A) de jour et 60 dB(A) de nuit. Dans le cas d'un traitement par isolement des façades, le texte définit des objectifs acoustiques qui sont fonction du niveau sonore dû à la source de bruit.

Les points noirs bruit concernent aujourd'hui en France environ 200 000 logements sur le réseau national. Ils font actuellement l'objet d'un inventaire exhaustif sur l'ensemble des autres réseaux.

Un observatoire du bruit a été créé par le Ministère de l'Environnement en 2001 (cf. circulaire du 12 juin 2001). Il a pour mission de recenser les points noirs et trouver des solutions pour les résorber, en privilégiant la réduction du bruit à la source.

Une méthodologie de recensement exhaustif des points noirs a été développée ces dernières années par les services techniques du ministère de l'équipement pour établir la cartographie des zones sensibles (7 500 km d'autoroutes, 12 000 km de routes nationales, 8 700 km de lignes ferroviaires et une soixantaine d'agglomérations de plus de 100 000 habitants sont concernés par cette démarche).

La loi Grenelle I a inscrit dans le droit français les grandes orientations retenues au plan national pour lutter contre le changement climatique : réduire de 20 % les émissions de gaz à effet de serre, augmenter de 20 % l'efficacité énergétique et de 23 % la part des énergies renouvelables, d'ici 2020. En matière de gestion de l'environnement sonore, la loi Grenelle I porte particulièrement l'accent sur le bruit du trafic aérien (article 12) et sur le bruit des transports terrestres, les points noirs du bruit les plus préoccupants pour la santé devant faire l'objet d'une résorption dans un délai maximum de 7 ans (article 41).

Pour atteindre ces objectifs, un accroissement des moyens consacrés à la lutte contre le bruit est consenti par l'Etat, les collectivités locales et les opérateurs des transports routiers et ferroviaires. L'article 41 prévoit également la mise en place d'observatoires du bruit dans les grandes agglomérations. Enfin, lorsqu'il s'agira d'évaluer l'opportunité de projets d'infrastructures de transport, le bruit figure au troisième rang des critères qui devront être pris en compte, après le gain du projet en terme d'émissions de CO₂ et les prévisions de saturation des trafics.





Chapitre

3

Les bruits générés par les trafics routier et ferroviaire

3.1 - Les bruits du trafic routier

3.2 - Les bruits du trafic ferroviaire

Première nuisance perçue par la population, le bruit véritable fléau de notre société est une préoccupation majeure des Français. Maîtriser et limiter ses nuisances sont devenus des priorités sociales et un enjeu de santé publique.

Au cours des dernières décennies, le développement des activités économiques, industrielles et commerciales a généré un accroissement des échanges et de la demande de mobilité, et donc le développement d'infrastructures de transports, sources de conflit avec les espaces traversés.

En parallèle, la croissance importante et continue des trafics routier et ferroviaire a induit une augmentation des nuisances sonores et de l'énergie acoustique émise. Elles sont désormais considérées comme un préjudice très important à la qualité de vie et à la santé des populations riveraines des divers réseaux de transport, en particulier en zone urbaine.

L'urbanisation mal maîtrisée aux abords des infrastructures de transport a créé de nombreuses situations critiques. Le bruit lié aux transports est désormais la source la plus importante des nuisances sonores.

Cette nuisance concerne sept millions de personnes (12 % de la population sont exposés à un niveau sonore supérieur à 65 dB(A), 40 % des ménages déclarent ressentir une nuisance sonore à leur domicile). Le bruit est dénoncé par un pourcentage très important de la population comme la principale nuisance à laquelle elle est confrontée. Ce phénomène est en constante évolution. Il est ressenti comme une véritable atteinte à la qualité de vie. La sensibilité des populations aux problèmes d'environnement et en particulier aux nuisances acoustiques s'affirme chaque jour davantage.

La lutte contre les nuisances sonores est désormais un véritable enjeu de société qui mobilise les élus et les maîtres d'ouvrage. Les obligations réglementaires imposent désormais la mise en place de moyens de protection efficaces visant à ramener les niveaux sonores à des seuils raisonnables en prenant en compte les attentes accrues des riverains pour la qualité de leur environnement sonore.



3.1 Les bruits du trafic routier

Quatre principales sources sont à l'origine du bruit créé par les véhicules routiers :

- le bruit du moteur et de l'échappement ;
- le bruit des transmissions mécaniques ;
- les bruits des vibrations diverses du véhicule ;
- le bruit de contact pneu-revêtement de chaussée.

Ce dernier se traduit par un sifflement (créé par l'air emprisonné dans la surface de contact) et par un bruit sourd (provoqué par les vibrations). Il dépend en particulier du type et des caractéristiques des pneumatiques et de la pression de gonflage, des caractéristiques de surface de la couche de roulement (texture, uni, irrégularité de surface) ainsi que de la nature du revêtement



de chaussée (constitué ou non de matériaux poreux) et de la température. Le diamètre des granulats composant le revêtement a aussi son importance. Plus le diamètre du plus gros granulat est élevé, plus le niveau du bruit est important. Le bruit de contact pneumatique-chaussée est prépondérant par rapport aux divers bruits générés par le véhicule dans les plages de vitesses les plus élevées.

Le bruit généré par le trafic routier est constitué par la superposition des bruits créés par chaque véhicule. Il dépend donc du trafic ("flot" de véhicules) et de sa composition (nombre total de véhicules et pourcentage de poids lourds en particulier), de la vitesse des véhicules (et de leurs accélérations et freinages), de l'état de surface du revêtement de chaussée et de la nature de ce revêtement. Le bruit routier se propage ensuite dans l'espace. Cette propagation dans le milieu naturel dépend en particulier du profil de la route, de la présence d'obstacles (remblais, obstacles naturels, bâtiments, écrans), de l'absorption acoustique naturelle du site et des conditions climatiques et météorologiques.

Ainsi, sur chaque site, le choix et le dimensionnement de la protection acoustique devront tenir compte des caractéristiques du trafic et de la configuration du milieu dans lequel elle sera mise en place.

En zone urbaine la source de bruit la plus gênante est constituée par les poids lourds, puis les deux roues et enfin les véhicules légers.



À faible vitesse, les bruits des moteurs et des échappements sont prépondérants. À vitesse plus élevée (supérieure à 50 km/h), ce sont les bruits générés par le contact pneumatique-chaussée qui sont dominants.

Tableau n° 12 : niveaux de bruit diurne en façade de bâtiments situés en bordure d'infrastructures routières

Niveau de bruit en façade Leq (6 h/22 h)	Situation	Classification
80 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> • Au bord d'une autoroute 	Point noir acoustique
75 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> • À 30 m du bord d'une autoroute chargée • En bordure d'une nationale • En entrée de ville 	
70 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> • À 100 m du bord d'une autoroute chargée • À 30 m du bord d'une nationale (1 000 véhicules/heure) • Dans un boulevard en ville 	Bruit urbain
65 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> • À 180 m du bord d'une autoroute moyennement chargée (3 000 véhicules/heure) • À 80 m d'une nationale • Dans une rue de desserte en ville 	Limite réglementaire d'exposition diurne en façade de bâtiments en zone préalablement bruyante, à respecter lors de la création d'une route nouvelle (arrêté du 5 mai 1995).
60 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> • À 30 m d'une petite route (300 véhicules/heure) • Dans une rue à priorité piétons en ville 	Limite réglementaire d'exposition diurne en façade de bâtiments en zone calme à respecter lors de la création d'une route nouvelle (arrêté du 5 mai 1995).



3.2 Les bruits du trafic ferroviaire

Le bruit ferroviaire est un phénomène physique complexe résultant de l'interaction entre le matériel et l'infrastructure (bruit de roulement, bruit aérodynamique, vibrations, rayonnement acoustique du rail, de la roue et des traverses, bruit au passage des appareils de voie). Il provient en grande partie du contact des roues sur les rails.

Il dépend donc :

- de l'état des roues des véhicules et des rails (plus les surfaces sont lisses, plus le bruit est faible ; la rugosité et les défauts microscopiques sur les surfaces des roues et des rails génèrent des vibrations) ;
- du nombre de passage de trains et du type de train (les "signatures bruit" des divers matériels roulants sont très diverses) ;
- de la vitesse des trains et de leur chargement, des crissements au freinage ou en courbe de faible rayon ;
- et aussi de la configuration de l'infrastructure dans son environnement (présence de bâtiments, de déblais ou remblais, franchissement de ponts métalliques, etc.) qui modifie la propagation des ondes sonores.

Des recherches sont en cours en matière de bruit ferroviaire qui portent sur une meilleure compréhension des sources du bruit, sur la mise au point de roues moins bruyantes, de matériels roulants plus silencieux ainsi que sur l'absorption des vibrations (absorbeurs dynamiques) et sur l'impact des conditions météorologiques.



PERCEPTION DU BRUIT

La signature sonore d'un train est a priori plus supportable que celle du trafic routier, en particulier du fait de la régularité des circulations. Les trains peuvent émettre un bruit supérieur à celui admis pour les véhicules routiers pour un même niveau de gêne pour les riverains.

L'indice ferroviaire utilisé pour dimensionner les écrans acoustiques est donc crédité d'un terme correcteur [$I_F = LA_{eq} - 8 \text{ dB(A)}$]

Tableau n° 13 : niveaux de bruit diurne en façade de bâtiment aux abords de voies ferrées

Niveaux de bruit en façade <i>Leq (6 h – 22 h)</i>	Exemples de situations
75 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> • À 50 m d'une voie où circulent 200 trains de voyageurs à 130 km/h • À 60 m d'une voie où circulent 400 trains de marchandise à 60 km/h
70 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> • À 30 m d'une voie où circulent 500 RER à 70 km/h • À 60 m d'une voie où circulent 100 trains de voyageurs à 130 km/h • À 100 m d'une voie où circulent 200 trains de marchandise, à 60 km/h
65 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> • À 60 m d'une voie où circulent 300 RER à 80 km/h • À 150 m d'une voie où circulent 100 trains Corail à 130 km/h
60 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> • Limite recommandée de jour pour le bruit des TGV en zone calme • À 100 m d'une voie où circulent 200 RER • À 300 m d'une voie où circulent 300 TGV à 300 km/h



LA MISE EN PLACE D'UN ÉCRAN EN BORDURE D'UNE AUTOROUTE

Le maître d'ouvrage, lorsqu'il a pris la décision de mettre en place un écran acoustique en bordure d'une section d'autoroute, se pose trois questions essentielles :

- le dimensionnement acoustique de l'ouvrage (longueur, hauteur) ;
- le choix du matériau (béton, verre, mixte ou butte de terre) ;
- le positionnement (vertical ou incliné).

Le dimensionnement acoustique va résulter d'une étude qui tiendra compte des niveaux sonores en façade d'une part, et de l'objectif à atteindre après mise en place de l'ouvrage d'autre part.

Le choix du matériau et le positionnement sont quant à eux conditionnés par de multiples contraintes :

- l'emprise au sol disponible, très souvent restreinte sur le réseau ancien, qui conditionne le choix de la solution et notamment l'option butte de terre ;
- l'efficacité acoustique en transmission qui, associée à un bon dimensionnement, conduit à une efficacité globale optimale ;
- la présence d'habitations sur le site opposé, qui impose le choix d'un matériau absorbant ou l'inclinaison de l'ouvrage.

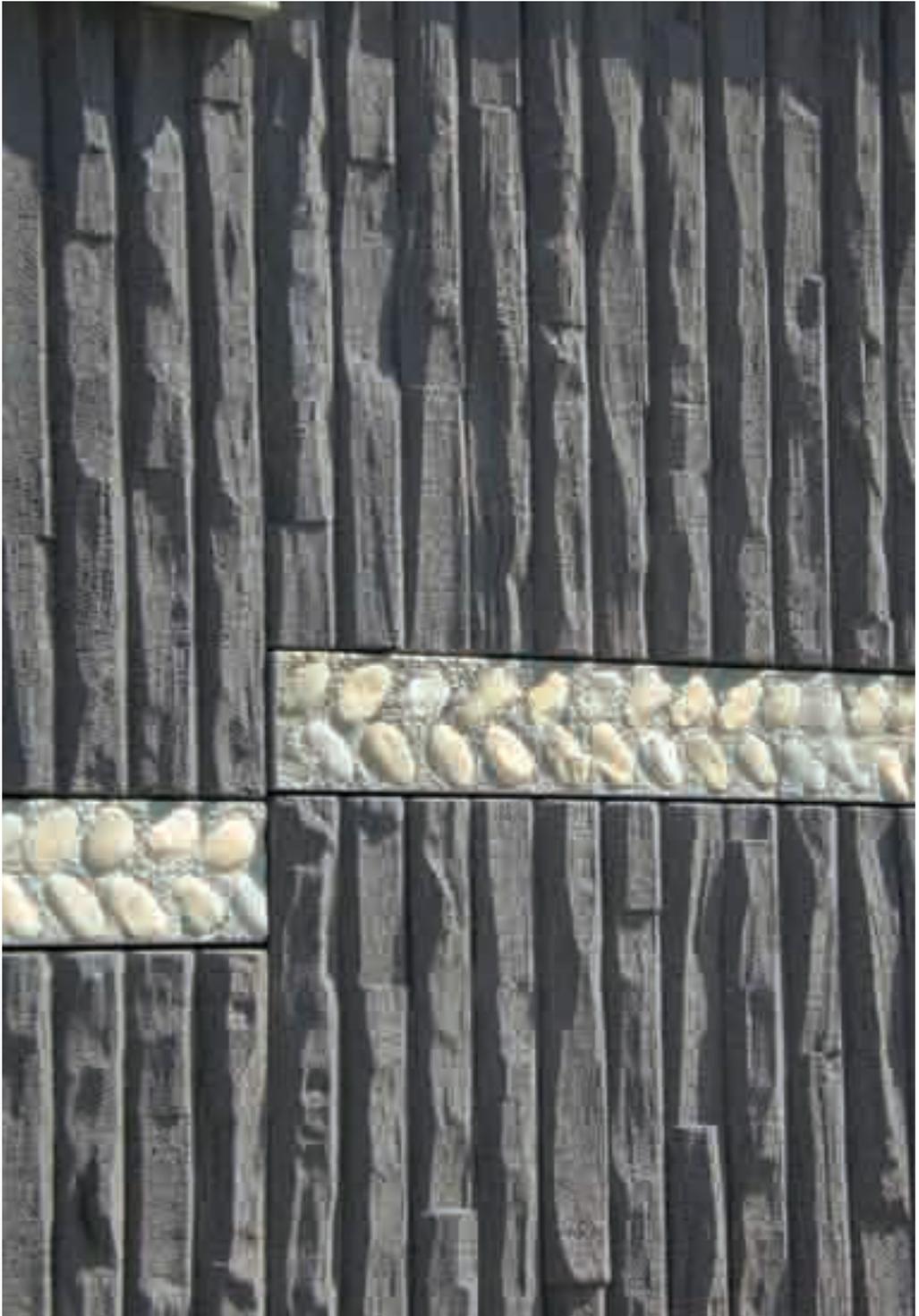
Le béton est souvent privilégié pour son efficacité en transmission, sa faible emprise au sol et la diversité des options possibles :

- positionnement vertical ou incliné ;
- réalisation d'un ouvrage mixte, composé d'éléments en béton et en verre ;
- réalisation d'un aménagement paysager de type jardinière entre l'écran et la GBA de sécurité ;
- choix d'un revêtement très absorbant constitué de béton de bois qui est appliqué sur une âme en béton, ou qui est emprisonné dans des caissons ouverts pour réduire le poids de l'ouvrage lorsque la configuration du site l'exige.

Outre les options précitées, qui permettent d'optimiser à la fois l'efficacité acoustique de l'ouvrage et son insertion dans le paysage, le choix du béton donne au maître d'ouvrage une plus grande latitude dans la conception architecturale. Par ailleurs, les opérations d'entretien sur les écrans en béton sont extrêmement réduites et peu fréquentes, et la pérennité des ouvrages est effective et reconnue sur le long terme.

Georges INNOCENTI
Responsable de la cellule
de protection acoustique, ESCOTA





Les écrans acoustiques, solution privilégiée contre les nuisances sonores

- 4.1 - Qu'est ce qu'un écran ?**
- 4.2 - L'écran acoustique,
reflet du dynamisme local**
- 4.3 - Des performances
encadrées par des normes**

4.1 Qu'est-ce qu'un écran ?

L'écran acoustique est un obstacle que l'on intercale entre la source du bruit, les bâtiments et les riverains à protéger et qui atténue par absorption et réflexion, la transmission et la propagation directe des bruits aériens incidents générés par les circulations routières ou ferroviaires. L'écran acoustique est la solution reconnue comme la plus efficace pour le traitement du bruit à la source. Disposés le long des grands axes routiers, autoroutiers et ferroviaires, ils constituent de véritables "pièges à décibels".

Les écrans correctement dimensionnés et positionnés ont démontré depuis plus de 25 ans la pérennité de leur efficacité acoustique. Ils permettent de concilier qualité de vie et augmentation du trafic. Cette protection efficace à la source permet de protéger aussi les espaces extérieurs autour des bâtiments (jardins, parcs, etc.).

Les écrans acoustiques sont constitués d'éléments structuraux qui soutiennent et maintiennent en place les éléments acoustiques. Leur faible emprise au sol permet une grande diversité d'utilisation en particulier dans les sites urbains ou périurbains. Ils peuvent être verticaux ou inclinés, réfléchissants ou absorbants sur une ou deux faces. Ils sont utilisés lors de la construction de routes neuves et pour le traitement des points noirs bruit sur les voies existantes fortement circulées, associées à un bâti dense à protéger. Ils permettent d'obtenir un gain acoustique pérenne de l'ordre de 8 à 12 dB(A) selon la configuration du site.

On distingue trois domaines d'application privilégiés des écrans acoustiques :

- protection sur des structures routières ou ferroviaires existantes ;
- protection lors de la réalisation de voies routières nouvelles ou de nouvelles lignes ferroviaires à grande vitesse ;
- réhabilitation ou remplacement d'anciennes protections ne correspondant plus aux exigences actuelles.

Ils protègent les riverains des infrastructures (en particulier les voies rapides, voies autoroutières et voies ferrées à grande vitesse) contre les nuisances sonores et leur offrent le calme au quotidien et un cadre de vie amélioré du point de vue esthétique. Certains projets prennent en compte un traitement "recto-verso" qui offre un aménagement différencié pour l'usager et le riverain (paysage statique pour celui-ci et dynamique pour l'automobiliste).

Compte tenu des augmentations inévitables des trafics routier (en particulier poids lourds) et ferroviaire (fret et ligne à grande vitesse), la programmation et la réalisation de moyens de protection durables et efficaces, tels que les écrans acoustiques en béton deviennent indispensables.



4.2 L'écran acoustique, reflet du dynamisme local

Les écrans acoustiques doivent répondre aux multiples attentes et préoccupations des riverains ainsi qu'à celles des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre. Réalisés dans un champ de contraintes fortes, ils doivent être acoustiquement performants bien sûr, mais aussi durables, robustes, faciles d'entretien et surtout esthétiques et particulièrement intégrés dans leur environnement (paysage ou bâtiment environnant).

Les écrans ne sont plus considérés comme des éléments d'architecture secondaires imposés sur un itinéraire routier ou ferroviaire réalisé isolément. Ils sont conçus comme une composante à part entière du paysage et sont le reflet du dynamisme local. Leur conception découle désormais d'une analyse complète et cohérente. Une étude architecturale rigoureuse, prenant en compte en particulier les contraintes acoustiques et visuelles, intègre l'écran acoustique dans son site, qu'il soit urbain ou rural. L'écran se fond ainsi avec le paysage bâti ou paysager. L'aspect esthétique de l'écran devient aussi important que sa performance acoustique. La tendance est au développement d'écrans qui s'intègrent tout naturellement dans leur site de par leurs formes simples et leurs couleurs, sans prétention à être des œuvres d'art.

L'écran peut être intégré dans un projet d'aménagement urbain associant la réalisation de place publique, cheminement piéton, végétalisation et mise en place de mobilier urbain. L'écran devient le vecteur de la valorisation du cadre urbain et le reflet de l'habitat et du patrimoine local.

LA VIE DERRIÈRE L'ÉCRAN

Dans la comparaison entre le traitement à la source et le traitement des façades, il y a une qualité complémentaire offerte par l'écran que l'on n'envisage pas a priori.

C'est la volonté de lutter contre le bruit qui est à l'origine de la création d'un écran. Plus tard une conséquence de l'écran, bien souvent négligée peut devenir un de ses atouts, il s'agit de la réhabilitation de l'espace entre le mur antibruit et les zones d'habitation. Cet espace s'affirme comme un nouveau périmètre de vie que les riverains se réapproprient. Sociologiquement, l'écran offre ainsi un nouvel avantage et non des moindres.

Sur l'écran de Saint-Maurice, à l'entrée de Paris sur l'autoroute A4, notre souci principal fut d'intégrer une protection acoustique de 20 000 m², composée de travées allant jusqu'à 8 m de haut, dans une parfaite discrétion et en préservant les platanes classés de cette zone des bords de Marne. Initialement bruyantes et de moins en moins fréquentées, ces rives historiquement agréables ont retrouvé, grâce à l'écran antibruit en béton de bois, une tranquillité et une sécurité qui leur a redonné vie bien au-delà des objectifs du projet.

Les enfants, du centre aéré installé dans cet espace, ont été les premiers bénéficiaires de l'investissement. Très vite également, les habitants du quartier ont redécouvert ce lieu où promeneurs, sportifs, parents et enfants trouvent leur bien-être.

Je tiens à associer à la réussite de cet ouvrage toutes les personnes, fabricants, entrepreneurs, maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre qui, très tôt, dès la conception du projet, ont mis en commun leur savoir faire pour que cet ouvrage devienne une référence technique, conforme à l'esprit du développement durable.

Pascal TSCHUPP
Directeur des services techniques
de la Ville de Saint-Maurice



4.3 Des performances encadrées par des normes

Les écrans acoustiques doivent respecter au travers des normes européennes les exigences essentielles de la Directive sur les Produits de Construction.

Ils doivent répondre aux spécifications non acoustiques de la norme NF EN 1794 (performances mécaniques, exigences en matière de stabilité, sécurité générale et considérations relatives à l'aspect environnemental).

Ils doivent aussi satisfaire les exigences de performances acoustiques de la norme NF EN 1793.

Le contrôle des performances acoustiques des écrans peut être réalisé *in situ* après mise en œuvre.



LES ÉCRANS EN BÉTON DANS LE CONTEXTE NORMATIF

En matière de réduction des niveaux sonores en façade, vis-à-vis des bruits d'origine routière et ferroviaire, les écrans acoustiques constituent la solution fiable et pérenne. L'efficacité d'un tel dispositif antibruit, sous réserve d'une implantation ad hoc vis-à-vis des bâtiments à protéger, est de l'ordre de 10 dB(A) en moyenne.

Implantées en France depuis plus de 30 ans, de nombreuses réalisations en béton (matériau le plus fréquemment rencontré) mettent en exergue le maintien de leurs performances acoustiques au fil du temps.

Les caractéristiques intrinsèques de ces produits (mesurées en laboratoire) et des ouvrages (mesurées *in situ*) ont été évaluées, contrôlées et confirmées à de très nombreuses reprises par les maîtres d'œuvre et les maîtres d'ouvrage.

Les mesures de contrôle, visant à déterminer les caractéristiques acoustiques des écrans, ont fait l'objet de la rédaction de normes homologuées, françaises dans un premier temps (1984) puis européennes (depuis 1997). À ce jour, elles résultent d'un consensus exemplaire entre différents pays n'ayant pas tous la même culture, ni la même expérience dans le domaine.

Le challenge à relever pour les écrans acoustiques concerne l'insertion visuelle et urbaine. Nul doute que la collaboration entre les fabricants, les concepteurs et les usagers le plus en amont possible dans les projets, permettra de traiter cette question.

Jacques BEAUMONT
Président de la Commission Nationale
des Écrans Acoustiques





Chapitre

5

Les principes de fonctionnement d'un écran acoustique en béton

- 5.1 - Principes de fonctionnement
d'un écran acoustique**
- 5.2 - Définitions**
- 5.3 - Paramètres de dimensionnement**
- 5.4 - Couronnements**

5.1 Principes de fonctionnement d'un écran acoustique

Un écran acoustique est destiné à protéger une zone déterminée soumise à des nuisances sonores. Il doit agir directement sur la propagation du bruit en créant un obstacle étanche aux ondes sonores.

Les performances acoustiques de l'écran, en terme de transmission, d'absorption, de réflexion et de diffraction, sont fonction de son type (absorbant ou réfléchissant), de son dimensionnement et de son emplacement. On observe derrière l'écran "une zone d'ombre acoustique" dans laquelle l'énergie sonore est beaucoup plus faible.

L'écran acoustique en béton constitue une barrière efficace vis-à-vis du bruit routier ou ferroviaire.

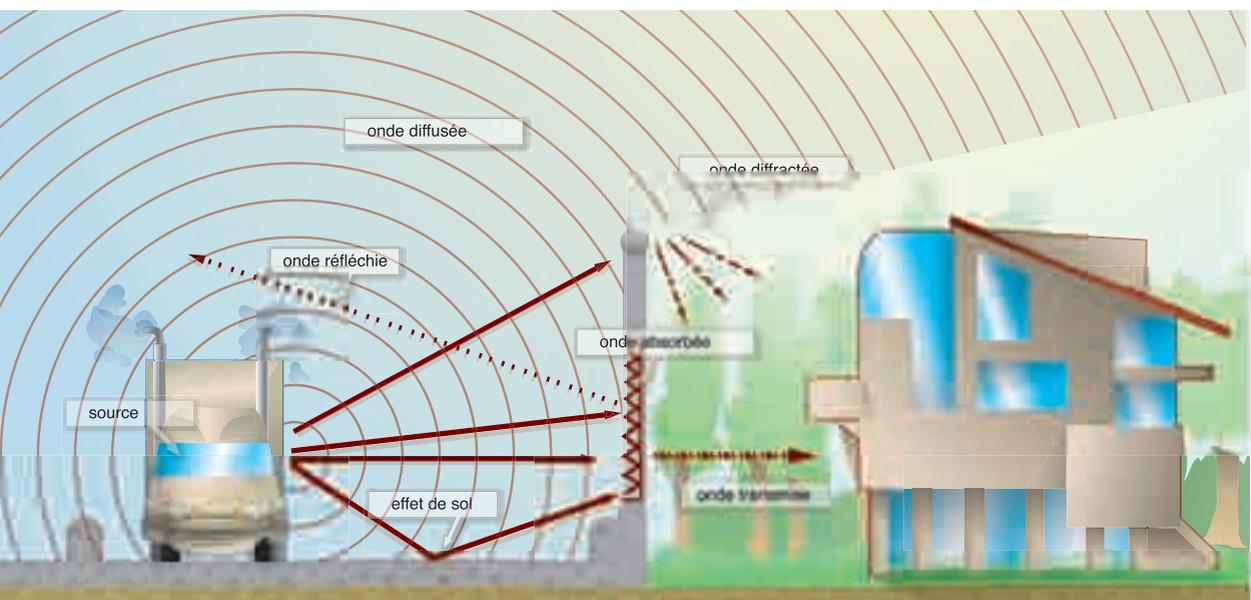


Figure n° 4 : les chemins élémentaires d'une onde sonore autour d'un écran acoustique en béton.

Lorsqu'une onde acoustique se propage en direction du récepteur, elle rencontre un écran, et se décompose en quatre parties :

- onde réfléchie ;
- onde transmise ;
- onde absorbée ;
- onde diffractée par l'arête supérieure.

5.2 Définitions

5.2.1 - Transmission

La partie de l'onde sonore transmise, composée de l'onde incidente qui passe à travers l'écran, dépend essentiellement de la masse surfacique du matériau utilisé. Aucun matériau n'est totalement étanche aux sons mais la densité importante du béton confère aux écrans d'excellentes performances d'atténuation.

5.2.2 - Absorption/réflexion

Les quantités d'énergie réfléchies et absorbées dépendent du type, de la forme et des caractéristiques acoustiques du matériau placé sur la face avant de l'écran (côté source). Une géométrie plane en béton courant favorise la réflexion de l'onde. Une géométrie adaptée, de type cannelure moulée avec un béton poreux, diminue le phénomène de réflexion et surtout, permet d'absorber jusqu'à 12 dB. Toute cette énergie acoustique absorbée ne sera ni transmise, ni réfléchie.

5.2.3 - Diffraction

La partie diffractée de l'onde passe au-dessus et sur les côtés de l'écran. L'amplitude de la réduction sonore dépend, par conséquent, des caractéristiques

géométriques de l'écran et de son implantation. Il est donc recommandé de mettre en œuvre des écrans suffisamment hauts et longs.

Il est aussi possible d'installer des couronnements posés au sommet de l'écran, permettant de diminuer les effets néfastes de la diffraction en augmentant ainsi la "zone d'ombre acoustique".

L'onde transmise à travers l'écran et l'onde diffractée se cumulent pour constituer l'onde résiduelle à l'arrière de l'écran. L'efficacité en diffraction participe à la performance acoustique globale de l'écran.

Les mesures en laboratoire (réflexion et transmission) permettent de déterminer la classe de l'écran, conformément aux normes en vigueur. Les méthodes dites *in situ*, également normalisées, permettent de contrôler les performances de l'ouvrage en place. Ces méthodes de mesure sont décrites en annexe "les méthodes de mesures des écrans acoustiques". Tous ces essais permettent de classer les écrans en deux catégories :

- les écrans réfléchissants ;
- les écrans absorbants.

5.3 Paramètres de dimensionnement

L'écran, pour contrarier au maximum le trajet de l'onde sonore, doit perturber la propagation des bruits depuis la source (le trafic routier ou ferroviaire) vers les récepteurs (les riverains). Ses dimensions (hauteur et longueur) et son positionnement par rapport à la source et les récepteurs sont des paramètres essentiels de dimensionnement.

L'écran doit être suffisamment haut et long (ce qui permet de réduire les diffractions latérales) pour créer une "ombre acoustique" suffisante sur la zone à protéger.

Plus l'écran acoustique sera proche de la source, plus il sera efficace. Plus l'écran est éloigné de la source, plus il sera nécessaire d'augmenter sa hauteur pour compenser cet éloignement. Son implantation et son dimensionnement doivent également prendre en compte les divers obstacles présents sur le site afin d'éviter les réflexions parasites, telles que les réflexions des ondes sur les façades de bâtiments situés à proximité.

Les performances acoustiques de l'écran dépendent également des caractéristiques des matériaux qui le constituent. Elles sont caractérisées par deux paramètres physiques :

- le facteur d'absorption acoustique, qui correspond à la capacité de l'écran à absorber les sons ;
- l'indice d'affaiblissement en transmission, qui représente la capacité de l'écran à s'opposer à la transmission des sons.

5.4 Couronnements

Depuis quelques années, la volonté d'optimiser la réduction du phénomène de diffraction, a amené certains fabricants à concevoir des couronnements permettant de "casser" la trajectoire classique de l'onde diffractée. Placés au sommet de l'écran, leur efficacité ne dépend pas que de leurs caractéristiques intrinsèques, mais également de leur forme, de la hauteur de l'écran et des positions respectives des sources et des récepteurs.



Nota

Il est important de souligner qu'un couronnement doit impérativement être conçu et fabriqué à l'aide d'un matériau absorbant (béton de bois, béton de pouzzolane, etc.) car des éléments réfléchissants (béton traditionnel) sont susceptibles de limiter les performances globales du couronnement et donc du système global (couronnement + écran).





Chapitre

6

Éléments de dimensionnement des écrans acoustiques

6.1 - Dimensionnement mécanique

6.2 - Dimensionnement acoustique

6.3 - Intégration esthétique et architecturale

Les écrans acoustiques en béton, constitués de voiles en béton de 10 à 20 cm d'épaisseur, sont de véritables ouvrages de génie civil dont la conception et le dimensionnement nécessitent le respect de règles précises et spécifiques relevant de la compétence de bureaux d'études spécialisés, associés à la maîtrise d'ouvrage dès l'amont du projet. Le choix du type d'écrans et l'efficacité obtenue sont fonction du site.

Les dimensions des écrans (longueur et hauteur) sont déterminées en optimisant leurs caractéristiques en fonction de l'objectif sonore à respecter en façade du bâtiment à protéger. Le dimensionnement nécessite des études préliminaires d'acoustique qui s'appuient sur des méthodes de calcul intégrant la capacité d'absorption du



sol, la déclivité du terrain et les phénomènes météorologiques. Les écrans sont positionnés le plus près possible de la source, en bordure de l'infrastructure routière ou ferroviaire dont on veut limiter l'impact sonore, en respectant les distances nécessaires de sécurité sur les réseaux routiers et les effets de souffle dans le cas de lignes ferroviaires à grande vitesse. Des études géotechniques permettent de déterminer le type de fondations des écrans et leurs dimensions pour résister en particulier aux efforts générés par l'action du vent.

Le choix des matériaux constituant les panneaux est fonction des performances acoustiques recherchées.

Les exigences normatives imposent aux écrans acoustiques les caractéristiques suivantes :

- performance mécanique ;
- efficacité en transmission ;
- absorption acoustique ;
- engagement sur la pérennité.

Le dimensionnement et la conception des écrans acoustiques nécessitent des études spécifiques et complémentaires.

6.1 Dimensionnement mécanique

La stabilité mécanique de l'écran acoustique doit être vérifiée en particulier sous l'action :

- de son poids propre ;
- des efforts de vent ;
- du choc éventuel d'un véhicule ;
- d'impacts particuliers (projection de pierres) ;
- des effets de souffle des trains ou des véhicules.

Cette étude permet de déterminer les fondations de l'ouvrage, l'entraxe des poteaux et de vérifier les divers systèmes d'assemblage entre les panneaux et les poteaux.

Selon les caractéristiques du site, la stabilité du matériau aux agressions climatiques (gel/dégel par exemple) ou aux agents corrosifs éventuels doit aussi être vérifiée.

6.2 Dimensionnement acoustique

L'étude, prenant en compte les contraintes du site (bâti environnant, topographie, etc.), permet de déterminer :

- les caractéristiques géométriques de l'écran acoustique :
 - longueur ;
 - hauteur ;
 - épaisseur ;
 - emplacement ;
 - inclinaison ;
 - nécessité du couronnement.
- le type de béton :
 - béton réfléchissant ;
 - béton absorbant.

La performance intrinsèque de l'écran est conditionnée par le type de matériau utilisé.

L'utilisation de béton absorbant permet de réduire le phénomène de réflexion de l'onde sur l'écran et donc de limiter aussi les nuisances acoustiques pour les habitants des bâtiments éventuellement situés en face de l'écran.

- Les performances acoustiques de l'ouvrage en place :
 - caractéristiques en transmission ;
 - caractéristiques en absorption ;
 - caractéristiques en diffraction ;
 - caractéristiques en réflexion.

Nota

Compte tenu des différences entre les bruits générés par les trafics routiers et les trafics ferroviaires, le dimensionnement et les implantations des écrans doivent être adaptés à leurs spécificités.





DES SOLUTIONS ADAPTÉES À TOUTES LES CONTRAINTES

Le département Environnement de SCETAUROUTE (Société d'Ingénierie spécialisée dans le domaine autoroutier) réalise des études préalables à la Déclaration d'Utilité Publique (DUP). Elles concernent les domaines de l'eau, l'air, l'acoustique et le paysage (y compris l'urbanisme).

La problématique de l'écran acoustique est prise en compte dans les études de bruit. Les écrans sont positionnés et dimensionnés avec précision dès l'avant projet détaillé (ADP) dans le cadre des études d'impact. Les études projet sont lancées après la DUP par un architecte généralement associé à un paysagiste.

Le choix entre les solutions d'écrans absorbants ou réfléchissants incombe au bureau d'études, celui du matériau à l'architecte et plus largement à la maîtrise d'œuvre. Le béton absorbant est leader sur ce marché. Dans le cas où un écran en béton réfléchissant est retenu, il est parfois paysagé à l'aide d'un dispositif permettant la végétalisation.

Jean-Marc ABRAMOWITCH
Expert acousticien
EGIS



6.3 Intégration esthétique et architecturale

Un grand soin est attaché à l'intégration de l'écran dans son environnement, en tenant compte à la fois de la route (ou de la voie ferrée) et des constructions aux abords et de l'espace tampon entre l'écran et les riverains. Une étude approfondie est nécessaire pour réussir l'intégration esthétique de l'écran en cohérence et harmonie avec son site, aussi bien côté source que côté zone protégée.

Le traitement architectural de l'arête supérieure de l'écran favorisera souvent cette intégration. La capacité technique des écrans en béton offre, à cet endroit, les plus larges possibilités.

Nota

Certains écrans nécessitent l'aménagement d'ouvertures permettant d'assurer l'accès aux riverains. Ces dispositifs doivent faire l'objet d'études spécifiques afin de ne pas perturber l'efficacité globale de l'écran.





LES ÉCRANS ACOUSTIQUES, NOUVEAUX SIGNES DE RÉFÉRENCES QUALITATIVES DE NOS VOIRIES

Composantes récentes de nos paysages suburbains, les écrans acoustiques deviennent un sujet d'architecture à part entière.

En effet, de par leur échelle et leur impact incontournable, ces parois linéaires identifient l'interface et marquent la limite entre l'infrastructure et la ville.

Ces ouvrages originaux de par leur géométrie paradoxale faite de longueur et de finesse, sont nés de l'imbrication du bâti et de la voirie, aspect caractéristique du développement urbain et de sa croissante complexité.

Cette double dimension, urbaine et routière, donne à ces ouvrages Janus, une singularité à l'origine de ressources architecturales renouvelées.

Ainsi, autant de partis architecturaux s'appréhendent et se déclinent au droit de ces protections acoustiques en fonction des situations variées de contacts et de juxtaposition de l'urbanisation.

Ces enjeux de présence constituent la spécificité des écrans acoustiques, nouveaux signes de références qualitatives de nos voiries.

Laurent BARBIER
Architecte







Chapitre

7

L'offre écrans acoustiques en béton

**7.1 - Classification des différents types
d'écrans acoustiques en béton**

**7.2 - Différents modes de construction
des écrans acoustiques**

Avec les écrans acoustiques en béton, les concepteurs et les architectes disposent d'une grande liberté d'expression et bénéficient d'une palette de produits élaborés par des industriels spécialisés et fortement impliqués dans la qualité, l'innovation et le développement technique.

L'amélioration des connaissances sur l'acoustique et le développement de nouveaux bétons ont permis d'élargir l'offre des écrans acoustiques en béton. Il existe une grande variété de produits, de formes et d'aspects qui permet une parfaite insertion de l'ouvrage dans son environnement tout en contribuant à la réduction des propagations sonores.

Les écrans satisfont à de multiples exigences acoustiques, esthétiques, mécaniques et concourent aussi à la sécurité des usagers aux abords des voies routières, autoroutières et ferroviaires. La particularité de l'écran sur un plan architectural est qu'il comporte souvent deux faces aux spécificités esthétiques très différentes l'une de l'autre : acoustique et architecturale coté source, architecturale coté riverains. La préfabrication des éléments en usine permet une conception modulaire des ouvrages et une installation rapide sur chantier.

7.1 Classification des différents types d'écrans acoustiques en béton

Les écrans acoustiques en béton sont classés en deux principales familles : les **écrans réfléchissants** et les **écrans absorbants**.

7.1.1 - Les écrans réfléchissants

Les écrans réfléchissants sont adaptés à l'aménagement des sites pour lesquels on souhaite assurer uniquement la protection des riverains placés à l'arrière du mur. Ils conviennent donc dans les zones périurbaines non habitées du côté opposé à l'écran. Ils réduisent les nuisances exclusivement d'un seul côté de la voie en renvoyant l'onde sonore dans une zone non sensible. Il convient donc d'éviter d'implanter deux écrans réfléchissants en vis-à-vis.

La masse surfacique élevée du béton lui confère des performances exceptionnelles de réduction de la propagation des ondes sonores.

La pérennité de ces produits est reconnue. Elle est largement démontrée compte tenu de l'ancienneté des premiers sites équipés. Les constatations effectuées sur les ouvrages réalisés attestent de leur stabilité sans altération de leur rôle acoustique, malgré les actions continues des agents agressifs naturels.



■ 7.1.1.1 - Constitution et composition des écrans réfléchissants

Un écran acoustique réfléchissant est constitué d'éléments structuraux en béton armé. Les panneaux sont glissés entre des poteaux. Les poteaux sont ancrés, soit sur des fondations superficielles, soit sur des fondations sur pieux, selon les caractéristiques géotechniques des sols en place. Les panneaux peuvent aussi être directement ancrés aux fondations superficielles.

Les bétons utilisés dans la composition de ces panneaux sont ceux couramment rencontrés dans la réalisation des ouvrages de génie civil (bétons gris, bétons blancs, bétons colorés). De nombreuses possibilités de traitements de surface et d'animations architecturales (sablage, lavage, matriçage, etc.) permettent leur intégration dans leur environnement.



Palette des traitements de surface du béton

■ 7.1.1.2 - Performances acoustiques des écrans réfléchissants

Les écrans réfléchissants en béton possèdent des caractéristiques élevées en transmission. Ces performances, mesurées en laboratoire, sont couramment supérieures à 50 dB(A). Ils permettent de traiter efficacement les nuisances sonores pour les riverains situés en face arrière.

7.1.2 - Les écrans absorbants

L'évolution des techniques a permis la progression de l'utilisation des produits absorbants. C'est le type d'écran le plus utilisé actuellement. Au-delà de leur capacité à diminuer les propagations, ces écrans sont fréquemment utilisés pour leur qualité d'absorption des bruits de transport, ils réduisent en particulier les réflexions parasites entre les écrans et les véhicules circulant à proximité.

La variété des textures, des teintes et des formes permet une offre très diversifiée d'écrans. L'aspect même des écrans absorbants est un atout psychologique rassurant pour les riverains.

■ 7.1.2.1 - Constitution et composition des écrans absorbants

Un écran acoustique absorbant est constitué de deux types d'éléments.

- Les éléments structuraux : éléments dont la fonction est de soutenir ou de maintenir en place les éléments acoustiques. Ces panneaux béton sont glissés entre des poteaux ancrés, soit sur des fondations superficielles, soit sur des fondations sur pieux selon les caractéristiques géotechniques des sols en place. Les panneaux peuvent aussi être directement ancrés aux fondations superficielles.

- Les éléments acoustiques : éléments de béton absorbant dont la fonction est de fournir la performance acoustique du dispositif (panneau de béton absorbant).



Les bétons des éléments structuraux ont les mêmes compositions et propriétés que les bétons réfléchissants. En revanche, les bétons absorbants sont constitués de matériaux absorbants de forte porosité offrant des surfaces de frottement qui transforment et dissipent l'énergie sonore et par conséquent amortissent les bruits. Leur rendement en absorption est fonction de la surface développée offerte au contact de l'onde sonore et de la porosité du matériau, des textures de surface, de la forme et du type de matériau utilisé : béton de bois, béton de pouzzolane et d'argile.

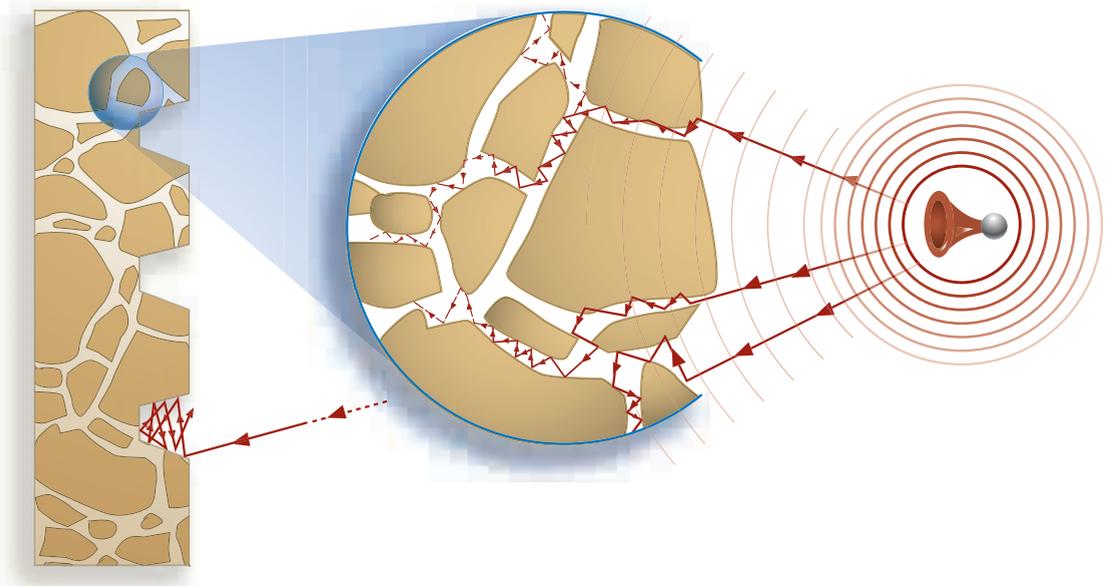


Figure n° 5 : principe de fonctionnement du béton absorbant.

Les bétons de bois et les bétons de pouzzolane et d'argile

Les bétons de bois sont essentiellement constitués de fibres de bois, (essences spécifiques), enrobées dans une matrice cimentaire, éventuellement teintés dans la masse par des pigments minéraux.

Les bétons de pouzzolane et d'argile sont essentiellement constitués de billes de pouzzolane et/ou d'argile enrobées dans une matrice cimentaire, éventuellement teintés dans la masse par des pigments minéraux.



Les procédés de fabrication permettent de conférer à ces matériaux des durabilités comparables aux bétons classiques. Leur large porosité participe efficacement à l'absorption de l'énergie sonore. La pérennité de ces bétons est reconnue tant dans le domaine acoustique que sur le plan mécanique.

Ils se déclinent dans un large panel de colorations, de formes et d'applications :

- panneaux appliqués sur support béton armé ;
- dalles habillant les parois pour la réalisation d'ouvrages neufs ;
- dalles ou dallettes habillant les parois pour améliorer les performances d'ouvrages existants réfléchissants ;
- panneaux autoportants formant écran ;
- dalles habillant les extrémités de tunnels ou de tranchées couvertes ;
- dalles habillant les murs de soutènement.

Les autres bétons absorbants

Les bétons absorbants peuvent être formulés avec d'autres constituants. Leurs performances, en particulier en terme de pérennité, n'ont pas été validées à ce jour.



■ 7.1.2.2 - Performances acoustiques des bétons absorbants

Les écrans acoustiques en béton de bois, de pouzzolane ou d'argile présentent les caractéristiques d'absorption et de transmission suivantes :

- classements selon la norme NF EN 1793-1 en ABSORPTION : classe A1 à A5*, suivant la géométrie de la face avant ;
- classements selon la norme NF EN 1793-2 en TRANSMISSION : classe B3 à B4, Les performances sont couramment supérieures à 50 dB(A), grâce à la masse surfacique des voiles en béton absorbant.

* Classement selon la norme NF EN 1793-1 en absorption classe A1 à A5 dans sa prochaine version à paraître en 2012.



POURQUOI UTILISER LE BÉTON DE BOIS POUR LES ÉCRANS ACOUSTIQUES ?

Le bruit perturbe la qualité de notre environnement. Il peut être source, chez l'individu, de désordres physiologiques et psychologiques. Les responsables des projets d'aménagements, en particulier dans le domaine routier, sont très sensibilisés à ce problème, qui par ailleurs fait l'objet actuellement d'une réglementation précise. Ils sont confrontés à plusieurs cas de figures :

- traitement acoustique dans le cadre d'aménagement de voies routières existantes, en milieu urbain ;
- projets nouveaux, destinés à être urbanisés le long de leur tracé ;
- traitements phoniques ponctuels sur de longs itinéraires routiers ou autoroutiers.

Tous ces cas demandent des réponses appropriées selon leurs contraintes propres : topographie, insertion architecturale dans le contexte urbain ou rural, proximité de riverains, économie et caractéristiques du projet... Les techniques actuelles dans ce domaine sont bien répertoriées. Parmi les techniques que j'ai le plus utilisées, le béton de bois me semble allier les qualités requises pour répondre aux contraintes suivantes :

- **Pérennité**

Le souci des maîtres d'ouvrage publics ou privés est que le matériau utilisé nécessite un entretien minimal ou nul. Les produits doivent donc présenter une diminution de leurs performances acoustiques et mécaniques la plus faible possible au cours du temps. Les écrans préfabriqués en béton sont insensibles, par exemple à la pluie et aux vents violents.

- **Intégration architecturale**

L'intégration des écrans dans le contexte spécifique de chaque projet doit permettre à l'architecte concepteur la plus grande liberté de création possible. Les écrans de béton de bois présentent cet avantage puisqu'ils permettent la plus grande créativité à l'architecte, tant au niveau des formes que des couleurs.



- Économie

Le béton de bois offre un bon rapport qualité/performances/prix. Ses coûts de préfabrication et de pose sont éprouvés depuis plusieurs années. Il permet la réalisation d'éléments de grande hauteur ou de grandes longueurs. Son entretien est pratiquement nul.

- Environnement

Le béton est facilement et entièrement recyclable.

Frédérique ZIRK
Architecte



7.2 Différents modes de construction des écrans acoustiques

Différents modes de construction des écrans acoustiques peuvent être utilisés. Le choix entre ces différents modes dépend :

- du dimensionnement acoustique ;
- du dimensionnement mécanique ;
- de l'environnement esthétique ;
- des interfaces avec les éléments supports (sol, murs, ouvrages d'art, etc.) ;
- des conditions d'accès au chantier.

Nota

certaines panneaux reçoivent un traitement antigraffiti lorsqu'ils sont implantés dans des sites exposés au vandalisme et facilement accessibles.

7.2.1 - Panneaux d'écrans entre poteaux métalliques



Ce type d'écran est composé de panneaux en béton qui viennent se fixer entre des poteaux métalliques (de type H ou I). Les poteaux sont fixés à des plots de fondations. Ces écrans peuvent être réfléchissants, absorbants une face ou absorbants deux faces.



7.2.2 - Panneaux d'écrans entre poteaux en béton

Les panneaux sont dans ce cas maintenus par des poteaux en béton ancrés dans des massifs de fondation. Cette solution élargit les possibilités architecturales du concepteur grâce aux traitements de surface qui peuvent être appliqués aux parements des poteaux.



7.2.3 - Panneaux d'écrans sur semelles superficielles filantes

Il est possible dans certains cas de supprimer les poteaux. Les efforts sont dans ce cas transmis directement à la semelle par la structure porteuse du panneau préfabriqué. Cette solution convient idéalement lorsque l'écran assure également une fonction de mur de soutènement.



7.2.4 - Revêtements acoustiques sur écrans ou murs de soutènement existants

L'amélioration des performances acoustiques d'un ouvrage existant est possible en habillant le mur en place avec un revêtement constitué d'éléments en béton réfléchissant. Cette solution, souvent composée d'éléments de petites dimensions (dalles) permet de rendre absorbants les écrans réfléchissants et les murs de soutènement préexistants.

7.2.5 - Écrans sur dispositifs de sécurité en béton

Ces ouvrages associent les écrans acoustiques aux dispositifs en béton assurant la sécurité et jouent la double fonction de sécurité et d'acoustique.

Ces écrans sont constitués d'une assise en béton de type GBA (glissière en béton) de hauteur et largeur variables. Les poteaux sont fixés à la glissière avant de recevoir les panneaux réfléchissants ou absorbants. Les écrans ainsi constitués, sont généralement inclinés vers l'arrière.

Cette solution est particulièrement adaptée lorsque l'emprise au sol est réduite. L'obstacle, implanté au plus près de la voie de circulation, s'avère très efficace même avec une hauteur limitée.

La mise en œuvre est très rapide et peut être effectuée en deux étapes (réalisation de la glissière puis mise en place de l'écran). L'optimisation des dimensions de la glissière béton et de l'écran permet de s'adapter à de nombreuses configurations.





7.2.6 - Revêtements acoustiques de sorties de tunnels ou de tranchées couvertes

Afin d'atténuer l'énergie acoustique rayonnée à la sortie d'un tunnel ou d'une tranchée couverte, il est possible d'équiper les parois des ouvrages de panneaux absorbants autoporteurs ou habillés de dalles en béton absorbant.



INTÉRÊT DES OXYDES DE TITANE POUR LA RÉALISATION DE BÉTONS AUTONETTOYANTS ET DÉPOLLUEURS

Les recherches récentes concernant le nettoyage des surfaces des matériaux de construction basé sur la photocatalyse ont mis en évidence l'intérêt de ce nouveau procédé pour les parements en béton. Son utilisation augmente la stabilité du parement et sa résistance aux pollutions diverses garantissant ainsi la pérennité esthétique. L'incorporation d'un photocatalyseur et plus particulièrement d'une poudre de TiO_2 permet en effet aux matrices cimentaires de se prémunir contre les espèces polluantes de type atmosphérique (particules organiques), liquide (traces d'hydrocarbures, encres, etc.) ou bien naturel (mousses et micro-organismes).

La photocatalyse est également une solution prometteuse pour la dépollution de l'air. Ainsi traité, l'écran acoustique participe aussi à l'amélioration de la qualité de l'air.



7.2.7 - Talus raidis et végétalisation

Les écrans acoustiques peuvent être aussi constitués de caissons en béton superposés, empilables, remplis de terre et pouvant donc être végétalisés.

On distingue deux types de structures.

- Les éléments empilables associés à un remblai. Ces éléments ont une forme appropriée pour s'ancrer dans un massif en terre. Cette solution présente l'avantage de s'adapter aux accidents du terrain et à la sinuosité du tracé routier. La masse de terre située à l'arrière des éléments empilables constitue une réserve d'humidité favorable à la végétalisation de l'écran ;
- Les éléments empilables seuls. Il existe plusieurs types d'éléments préfabriqués en béton permettant de constituer des écrans végétalisés. L'écran peut être constitué d'éléments en béton emboîtables constituant des caissons. La terre qui les remplit sert de lestage et de support à la végétation. Il est possible avec cette solution de varier l'épaisseur de l'écran.

Ces solutions ont un bon comportement en absorption. La végétalisation permet d'apporter une note naturelle à la structure.



7.2.8 - Couronnements

Les couronnements sont des éléments en béton destinés à équiper la partie haute de l'écran acoustique. Au sens de la norme de mesure européenne CEN TS 1793-4, qui permet désormais d'évaluer leur performance acoustique, les couronnements d'écran sont "des produits ajoutés sur le sommet des écrans ayant pour objet de contribuer à l'atténuation acoustique en agissant principalement sur le champ acoustique diffracté.

Alors que les premières réalisations de couronnement relevaient d'un choix technique (protection mécanique de l'arête de l'écran) et surtout esthétique, la prise en compte des phénomènes de diffraction par les concepteurs et les industriels, permet aujourd'hui de proposer au marché des produits à la fois esthétiques, et contribuant à la performance acoustique des écrans.

Lorsqu'ils sont composés de béton absorbant, ils permettent d'améliorer l'efficacité acoustique de l'ouvrage en corrigeant favorablement la diffraction. Ils contribuent aussi à une meilleure insertion esthétique de l'ouvrage.

Certains couronnements permettent un gain de plusieurs dB(A) à proximité de la face arrière de l'écran.

Les couronnements permettent, à hauteur égale, d'améliorer les performances acoustiques de l'écran.





Les couronnements sont utilisés :

- soit en travaux neufs ;
- soit en réhabilitation, dans le cadre des rattrapages de points noirs. Leur ajout permet d'améliorer les performances acoustiques des écrans, qui par l'augmentation du trafic ou le changement de réglementation, n'étaient plus conformes à leur destination.

Les performances acoustiques des couronnements dépendent à la fois de leur géométrie et de la porosité des matériaux utilisés (béton de bois, de pouzzolane, etc.).

Les multiples formes possibles des couronnements (cylindriques, rectangulaires, etc.) apportent une touche esthétique particulière en rompant avec une certaine monotonie des écrans droits et plans et permettent de composer avec la lumière pour créer des ombres portées.

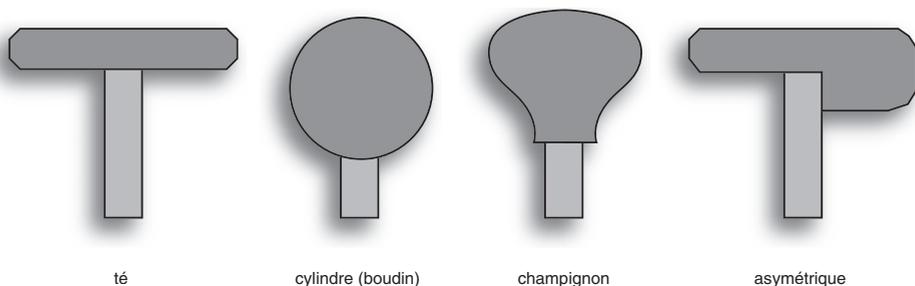


Figure n° 6 : différentes formes de couronnements

LES ÉCRANS ACOUSTIQUES EN BÉTON VUS PAR L'APREA



Depuis quelques années, les matériaux et les techniques pour la construction d'écrans acoustiques se multiplient. Dans ce contexte, la vocation de l'APREA (l'Association professionnelle des Réalisateurs d'Écrans antibruit) est de regrouper les acteurs principaux pour ce type d'ouvrage (Concepteur, Fabricant, Poseur), afin que chaque partie puisse échanger les différentes expériences lors de la conception d'un produit ou de sa mise en place sur le marché ; le but étant de donner des conseils techniques, des renseignements sur les ouvrages, et de promouvoir certaines solutions lors de la conception d'un écran. Pour ce type d'ouvrage, l'improvisation n'a pas sa place.

Seul l'appel à des professionnels avertis ayant des connaissances et expériences sur ce type de produits, permet une construction sans problème. Il est utile également de prendre en compte les conditions de chargement, de transport et de déchargement qui doivent être adaptées aux panneaux et étudiées au cas par cas. La forme du panneau, selon qu'il soit matricé, cannelé ou lisse, influence le positionnement et le conditionnement pour le transport. De plus, l'intégration des contraintes de site, pour la pose de l'élément est une donnée pour assurer un déchargement, et donc une pose, dans des conditions optimales. Un chargement vertical auto stable des éléments et disposé suivant l'ordre de pose facilitera les manutentions, notamment sur des chantiers aux emprises réduites. Une bonne communication entre entrepreneurs et industriels expérimentés aux contraintes et aux poids de tels ouvrages, permettra d'optimiser le matériel de mise en œuvre sur le chantier.

Ces concertations entre les personnes en charge des travaux et le fabricant d'écrans en béton, telles qu'elles sont développées au sein de l'APREA, génèrent une amélioration continue du produit fini, et donc une meilleure qualité de l'ouvrage et de son exploitation. Par exemple, les derniers échanges d'expériences conduisent à des préconisations de produits antigraffiti adaptés ou encore à l'efficacité de la mise en place des joints d'étanchéité.



Soucieuse, d'apporter une satisfaction de plus en plus grande à l'ensemble des partenaires de la réalisation d'un ouvrage en offrant des solutions aux concepteurs, et en garantissant un ouvrage de qualité et efficace dans le temps aux donneurs d'ordre, l'APREA continuera et renforcera dans les années à venir son travail d'élaboration et de concertation. Cette mobilisation à chaque stade de la construction du projet est nécessaire à la pérennité des ouvrages, enjeu primordial d'aujourd'hui pour demain.

Olivier PILETTE
Vice-président de l'APREA





Chapitre

8

Les multiples atouts des écrans acoustiques en béton

8.1 - Esthétique et intégration dans le site

8.2 - Pérennité mécanique et acoustique

8.3 - Élimination des graffiti

8.4 - Économie

8.5 - Respect de l'environnement

8.6 - Efficacité optimale

Un écran doit protéger les riverains des nuisances sonores mais il doit aussi être esthétique et durable dans le temps, sans nécessiter d'entretien important.

Le développement de nouveaux bétons et de nouvelles techniques de traitement de surface permet d'offrir une grande variété d'écrans acoustiques en béton présentant de multiples atouts et répondant aux exigences et aux préoccupations des riverains, des concepteurs d'écrans, des entreprises, des architectes, des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'œuvre.

Les écrans en béton sont reconnus comme la solution idéale en terme de coût global, de simplicité et d'adaptabilité de mise en œuvre, de durabilité, de résistance aux agressions, de facilité d'entretien et de maintenance. Les solutions en béton sont reconnues efficaces et polyvalentes.



8.1 Esthétique et intégration dans le site

L'intégration d'un écran dans un paysage, qu'il soit urbain ou rural, impose l'utilisation d'un matériau très adaptable sur le plan esthétique, offrant aux architectes une grande liberté d'expression.

Le béton préfabriqué répond à cette exigence et autorise un traitement architectural différencié et différent selon les faces de l'écran (face riverain et face source du bruit). Il offre des possibilités multiples de textures, de couleurs, de formes et d'aspects qui permettent d'intégrer parfaitement et naturellement l'écran dans son site. Les solutions en béton s'adaptent à tous les sites, se fondent dans le paysage et s'intègrent parmi la végétation. Le traitement différencié des deux faces permet d'aménager des ouvrages appréciés à la fois par les usagers et par les riverains.

8.2 Pérennité mécanique et acoustique

Les écrans acoustiques sont soumis aux multiples agressions climatiques et météorologiques (vents, pluies, froid, orages, soleil, ultraviolets, gel-dégel, etc.). Le béton particulièrement insensible à toutes ces agressions extrêmes, a démontré depuis de nombreuses années (les premiers écrans en béton ont été construits en France il y a plus d'un quart de siècle) qu'il répond parfaitement aux exigences de durabilité. La fiabilité de ses caractéristiques fonctionnelles et acoustiques a été prouvée. Cette pérennité ne concerne pas seulement les qualités du matériau (en particulier la résistance mécanique) mais aussi ses performances acoustiques.

La pérennité des caractéristiques acoustiques des bétons absorbants (en particulier le non colmatage de l'absorbant) face aux diverses agressions extérieures (conditions météorologiques, trafic, agents corrosifs dus aux diverses pollutions atmosphériques, sels de déverglaçage, etc.) a été démontrée par des études de vieillissement accéléré en laboratoire et validée par des observations et des contrôles *in situ* sur des ouvrages anciens. Le béton présente aussi une très bonne tenue, une totale incombustibilité et une excellente résistance aux actes de vandalisme.

8.3 Élimination des graffiti

Les écrans acoustiques en béton font l'objet de l'application de produits de finition visant à améliorer l'aspect visuel des panneaux d'écran. Dans un premier temps, les fabricants utilisent un égaliseur de teintes destiné à masquer les remontées de chaux en surface des bétons poreux. Dans un deuxième temps, un produit anti-graffiti (de type sacrificiel ou permanent) est appliqué en usine ou sur le site, permettant de garantir un entretien plus facile des panneaux dans le temps.

Pour éliminer les graffiti, trois solutions sont possibles :

- recouvrir visuellement le graffiti par l'application d'une couche d'un égaliseur de teinte de type ACROSLURRY® ou équivalent. En effet, il a été démontré, grâce à une étude menée au CERIB en 2008, qu'un égaliseur de teinte de type ACROSLURRY® ou équivalent permettait de recouvrir visuellement les graffiti sans dégrader les performances acoustiques des panneaux en béton absorbant. Pour cela, le CERIB a réalisé un essai acoustique sur un prototype avant et après l'application de quatre couches successives d'égaliseur de teinte. Les performances globales en absorption ont été conservées malgré une légère chute dans les bandes de fréquences aiguës.
- appliquer un anti-graffiti de type permanent. L'anti-graffiti protège l'écran de façon permanente, sans qu'il soit nécessaire d'ajouter une couche après l'enlèvement des tags. Dans le cadre de l'étude du CERIB, des essais de réflexion acoustique ont été réalisés avant et après l'application d'un anti-graffiti permanent de type filmogène. L'anti-graffiti filmogène ne dégrade pas de plus de 1 dB(A) les performances globales du support avec là encore, une légère chute dans les fréquences aiguës.
- appliquer un anti-graffiti de type sacrificiel. L'anti-graffiti protège l'écran avec des couches dites sacrificielles qui seront remplacées à chaque enlèvement des tags. L'enlèvement des tags s'effectuera sans aucun solvant, sans produit chimique et uniquement à l'eau, quelque soit la nature du tag. Il se fera sans pression afin de préserver la pérennité du support.

L'application d'un égaliseur de teinte de type ACROSLURRY® ou équivalent constitue une solution efficace et permet de s'affranchir de l'utilisation d'un produit spécifiquement anti-graffiti.

8.4 Économie

Les solutions écrans acoustiques en béton sont les plus compétitives sur le plan économique du fait :

- de la simplicité de la mise en œuvre ;
- des coûts de fabrication et de pose optimisés par des techniques mécanisées et éprouvées ;
- de la possibilité de réaliser des éléments de grande hauteur ou de grande longueur ;
- d'une mise en œuvre possible sous circulation, réalisable à tous les moments de l'année et en toute sécurité pour les usagers, sans perturbation importante du trafic (sans nécessité d'avoir à mettre en place des déviations du trafic ou de réaliser les travaux en période nocturne) ;
- d'un entretien quasiment nul.

L'analyse économique doit intégrer la notion de coût global (fourniture des produits, mise en œuvre, coût d'entretien et de maintenance) sur la durée de service de l'ouvrage.

Les multiples solutions offertes par les industriels du béton permettent d'optimiser les caractéristiques de l'écran (longueur, hauteur) et de trouver le meilleur compromis en termes d'efficacité acoustique et de coût pour chaque projet.

8.5 Respect de l'environnement

Le béton, matériau minéral, mélange à froid de constituants naturels, faible consommateur d'énergie, est reconnu pour ses performances environnementales, en particulier en considérant l'ensemble de son cycle de vie.

Les écrans en béton ne nécessitent pas de traitement chimique particulier, ne se corrodent pas, sont imputrescibles et sont, en outre, facilement et entièrement recyclables.

Les écrans acoustiques sont, de par leur fonction de protection contre les nuisances acoustiques (l'une des cibles prioritaires du Grenelle Environnement), des éléments à part entière des projets d'infrastructures inscrits dans une démarche de développement durable.

La prise en compte de la protection de l'environnement dans la réalisation de tout ouvrage passe entre autres aspects par le choix des systèmes constructifs et des produits sur la base de leurs caractéristiques environnementales. L'Industrie du Béton s'est de longue date investie dans une démarche volontaire de transparence vis-à-vis du bilan environnemental de ses produits. Les écrans acoustiques en béton sont intégrés dans cette démarche et disposent de Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES)*.

Les FDES sont élaborées suivant la norme NF P 01-010. Elles reposent sur une Analyse de Cycle de Vie (ACV) qui aboutit à 10 indicateurs d'impact environnemental concernant la consommation de ressources, la pollution de l'air et de l'eau, la production de déchets. La méthodologie d'Analyse de Cycle de Vie est encadrée par les normes ISO 14040 et 14044.

Dans le cadre d'opérations de construction intégrant le respect de l'environnement et de la santé, ces informations permettent d'évaluer l'impact global du projet et offrent ainsi aux prescripteurs la possibilité d'effectuer les meilleurs choix de produits et de systèmes constructifs.

Les performances acoustiques des écrans en béton sont reconnues tant en transmission qu'en absorption. Maintenues de façon pérenne avec un entretien réduit, elles permettent aux écrans en béton d'afficher un excellent bilan environnemental.

* Les FDES sont disponibles sur le site web du CERIB - www.cerib.com

8.6 Efficacité optimale

Les écrans préfabriqués en béton ont une efficacité optimale vis-à-vis des trois paramètres de base de l'acoustique : la transmission, l'absorption et la diffraction.

Les ouvrages en béton constituent en effet la meilleure barrière acoustique du fait de leur masse surfacique élevée (incidence de l'effet de masse sur la réduction de la transmission de l'onde). De plus, les formes des écrans et les textures des matériaux favorisent leurs performances en absorption et en diffraction ; ces produits sont classés "très absorbants" selon les techniques de conception utilisées.

Absorbants ou réfléchissants, les écrans en béton savent aujourd'hui parfaitement s'intégrer au sein des sites les plus exigeants. Ils répondent parfaitement aux préoccupations des maîtres d'ouvrage, des maîtres d'œuvre et des bureaux d'études pour la maîtrise des nuisances sonores, et aussi, aux souhaits des riverains d'une meilleure qualité de vie.



Les professionnels de l'Industrie du béton se sont engagés depuis longtemps dans une démarche volontaire portant sur la qualité des produits et leur évolution technique, fonctionnelle et performantielle. Ils proposent aujourd'hui une palette de solutions adaptées et d'un entretien facile pour offrir le calme dans tous les types de configuration.

Les écrans acoustiques en béton préfabriqué sont les solutions logiques, utilisées et validées depuis plus de 25 ans, efficaces, économiques, écologiques, esthétiques et pérennes pour lutter contre les nuisances sonores des trafics routier et ferroviaire.

Tableau n° 14 : les réponses des écrans acoustiques en béton aux diverses exigences

Exigences acoustiques	
<ul style="list-style-type: none"> - Transmission - Absorption - Diffraction - Pérennité acoustique 	Les écrans acoustiques en béton bénéficient des évolutions récentes des performances du béton, en particulier en matière d'absorption.
Exigences mécaniques et structurales	
<ul style="list-style-type: none"> - Stabilité au vent - Résistance au choc 	Les écrans en béton offrent une grande stabilité aux actions du vent et aux éventuels chocs sur les écrans.
<ul style="list-style-type: none"> - Résistance au feu 	Le béton, matériau minéral présente une grande inertie en cas d'incendie et ne dégage aucune vapeur ou fumée toxique. Il est stable, ininflammable et ne subit aucun dommage (autre qu'une éventuelle décoloration) en cas de feu de broussailles à proximité de l'écran.
<ul style="list-style-type: none"> - Pérennité structurelle et mécanique - Stabilité dimensionnelle - Performances mécaniques 	Le béton est reconnu pour la pérennité de ses caractéristiques mécaniques. Sa stabilité dimensionnelle permet d'éviter toute fuite acoustique entre les éléments et les structures porteuses.
<ul style="list-style-type: none"> - Résistance aux projections de pierres 	Le béton présente un très bon comportement aux impacts de pierres, grâce à ses performances mécaniques et à sa résistance aux chocs (absence d'éclat).
<ul style="list-style-type: none"> - Résistance aux contraintes climatiques 	Le béton est parfaitement insensible aux fortes chaleurs, au froid et à la pluie, au soleil et aux ultra-violets.
<ul style="list-style-type: none"> - Réflexion de la lumière 	Le béton présente une très faible réflexion à la lumière.
<ul style="list-style-type: none"> - Résistance aux arcs électriques 	Le béton résiste aux éventuels arcs électriques générés par les matériels ferroviaires.
<ul style="list-style-type: none"> - Résistance aux agents corrosifs 	Le béton résiste aux diverses contraintes environnementales
<ul style="list-style-type: none"> - Insertion du dispositif de sécurité 	L'écran en béton peut facilement être associé à une glissière de sécurité
Exigences dimensionnelles	
<ul style="list-style-type: none"> - Réalisation de murs de grandes dimensions 	Le béton permet aisément de réaliser des écrans de grande hauteur et de grande longueur.
<ul style="list-style-type: none"> - Emprise réduite 	Les parois des écrans sont verticales et de faible épaisseur.
Exigences liées à la mise en œuvre	
<ul style="list-style-type: none"> - Rapidité et simplicité de mise en œuvre - Mise en œuvre possible sous circulation - Adaptabilité à des configurations de chantiers diverses 	<p>Les différents éléments des écrans sont mis en œuvre avec des moyens de manutention classiques.</p> <p>La préfabrication des éléments sous forme de grands panneaux permet de réduire les temps d'intervention sur le site et la pose dans le cas d'emprise réduite et sous circulation.</p> <p>La large palette de l'offre d'écrans en béton permet de trouver une solution adaptée à chaque chantier.</p>

Tableau n° 14 (suite) : les réponses des écrans acoustiques en béton aux diverses exigences

Exigences esthétiques	
– Pérennité architecturale	Les parements en béton ont démontré depuis de nombreuses années la pérennité des traitements de surface, des couleurs, des textures et des aspects.
– Insertion paysagère – Intégration dans l'environnement	Les solutions proposées par les industriels évoluent en permanence pour répondre aux exigences croissantes d'intégration de l'ouvrage dans son site. Ils permettent une véritable mise en scène des écrans.
– Diversité de l'offre – Adaptation de l'offre à chaque site	La multitude des traitements de surface, des formes, teintes et textures offre des solutions adaptables à chaque site permettant une parfaite intégration urbaine ou rurale de l'écran.
Exigences d'exploitation	
– Entretien minimum – Facilité de maintenance	Le béton n'exige pas d'entretien particulier. L'aspect modulable des éléments préfabriqués permet le changement de certaines parties de l'écran. L'entretien de l'écran côté riverain peut lui être confié en échange de la jouissance du terrain.
– Déneigement	Les écrans sont insensibles à la poussée de la neige lors des opérations de déneigement.
– Stabilité aux opérations de nettoyage et antigraffiti	Les opérations de nettoyage courant n'ont aucune incidence sur les performances acoustiques des écrans.
– Résistance au vandalisme	Les performances mécaniques du béton et son comportement aux chocs lui permettent de résister aux principaux actes de vandalisme.
Exigences environnementales	
– Recyclabilité – Non toxicité	Le béton, matériau minéral, est entièrement recyclable. Parfaitement inerte face à tous les types d'agression, il ne génère aucune pollution des sols environnant l'écran.
Exigences des usagers et des riverains	
– Perception de l'écran par les usagers et les riverains	Les solutions béton permettent un traitement différencié recto/verso de l'écran acoustique.
– Nécessité d'assurer l'étanchéité acoustique au niveau des accès aux propriétés	La modularité des solutions en béton permet toutes les ouvertures nécessaires en assurant la continuité de la protection acoustique.
Exigences économiques	
– Investissement – Frais d'entretien et de maintenance – Coût global	Les écrans acoustiques en béton offrent un compromis optimal en matière de coût global.

QUELQUES IDÉES SUR LA CONCEPTION DES ÉCRANS ACOUSTIQUES

La vitesse, la masse et la quantité de véhicules ne cessant de croître, les routes deviennent de plus en plus bruyantes. Et ce qui était ressenti par les riverains comme une modulation anodine est en train de devenir un bruit gênant, voire un vacarme insupportable sur certains tronçons.

La solution évidente est d'éloigner autant que possible les routes de toute construction habitée. Mais cela reste un vœu pieux. Surtout quand on constate qu'une autoroute s'entend – sous forme d'un bruit plat, donc très désagréable – jusqu'à trois kilomètres. La plupart du temps l'espace manque, il faut donc empêcher la propagation du bruit par un masque. Mais les bruits se déplaçant un peu comme les rayons lumineux, tout masque phonique sera immédiatement ressenti comme un masque visuel cachant un paysage d'autant plus attrayant, qu'avant, il n'était pas perturbé par le bruit de la circulation routière.

On en arrive au seul remède possible que sont les écrans acoustiques de faible épaisseur. La conception en est difficile car il importe de contenter à la fois l'automobiliste et le riverain, dont les perceptions ne concordent pas forcément.

Côté route

Les écrans étant souvent longs, ils peuvent masquer le paysage pendant plusieurs dizaines de secondes, parfois plusieurs minutes. Je propose de profiter du déplacement des voitures à la vitesse de 36 m/s sur autoroute ou 31 m/s sur voie rapide pour composer le ruban de l'écran acoustique comme une musique douce, à peine perceptible, surtout pas tonitruante. Les écrans minces sont en général composés de panneaux d'environ 4 m de large, scandés ou non par des potelets.

Pour que la perception d'un écran s'approche de la musique, je propose de créer des rythmes non systématiques et sur plusieurs registres en jouant sur l'implantation en alignement, sur le contenu ou la couleur des panneaux et de celle des potelets. Mais toujours avec une grande discrétion. Bien sûr, on évitera les motifs trop dessinés ou trop exotiques qui attirent l'œil inutilement, ou même dangereusement. Les valeurs foncées, qui se font oublier, seront préférées aux teintes claires.

Enfin on préférera des couleurs naturelles assez neutres, en évitant celles qui sont "tuées" par l'ajout de blanc. Des sections transparentes sont les bienvenues, à condition qu'elles soient de longueur suffisante pour qu'on ait le temps d'entrevoir le paysage. Mais nous verrons plus loin que l'écran transparent n'est pas bon pour tout le monde.

Côté riverains

La problématique est ici complètement différente. Une fois l'écran en place, s'il est efficace, les riverains oublient le bruit mais regrettent amèrement la vue, toujours pittoresque dès qu'elle est perdue. Ils voient l'écran comme un long mur, interminable, souvent très proche. Il importe de tout faire pour le faire oublier en le masquant par des arbustes de faible encombrement, de préférence persistants, ou des plantes grimpantes. En attendant que les plantations aient pris leur place et aient reconstitué une sorte de paysage variant avec les saisons, il est équitable de donner à l'écran un parement rappelant les maçonneries traditionnelles. Par exemple des galets dans la vallée du Rhône, de la brique dans le nord ou le sud-ouest grâce aux traitements de surface et de formulations combinés qu'offre le béton.

Les panneaux transparents me semblent le piège pour les riverains. Ils voient le paysage au-delà de la route, bien sûr, mais surtout ils "voient" le bruit qu'ils n'entendent plus. Psychologiquement le résultat n'est pas satisfaisant.

Les écrans acoustiques doivent satisfaire trois exigences fondamentales.

- L'efficacité acoustique

Un écran acoustique doit évidemment être efficace. C'est sa raison d'être. Son dimensionnement est l'affaire de spécialistes. Des industriels imaginatifs sont capables de proposer aux architectes des matériaux dont – en plus – l'aspect est satisfaisant.

- La durabilité

Il est important que l'ensemble de l'écran se comporte bien et longtemps, de préférence sans entretien. Cela conduit à éliminer d'office les matériaux fragiles ou trop légers, que les intempéries peuvent déformer ou arracher. On sera attentif aux dégradations possibles ou volontaires et l'on s'attachera à la notion de réparation ou de remplacement des panneaux endommagés.

- L'aspect esthétique

À mon avis, c'est finalement l'élément déterminant car psychologiquement le plus immédiatement perceptible. Un écran intervient comme un corps étranger implanté en continu en avant du paysage. Il devrait se faire oublier mais cela est difficile compte tenu de sa hauteur. On recherchera donc des matériaux se fondant au mieux avec ceux des alentours et un aspect pas trop systématique pour ne pas être monotone comme l'autorise la solution béton de par ses formulations et traitements de surface divers.

Pour résumer, un écran acoustique réussi sera celui qu'on n'a pas vu ou, si on l'a vu, qu'on a longé avec discrétion et agrément.

Jean Louis JOLIN
Architecte



Annexes

Annexe 1

Normes de qualification des produits

Annexe 2

Normes de réception des ouvrages

Annexe 3

Autres normes

Annexe 4

Méthodes de mesures des écrans acoustiques

Annexe 5

**Méthodes de mesures des bruits routiers,
ferroviaires et industriels**

Annexe 6

Publications et autres textes de références

Annexe 7

FDES : écrans en béton

Annexe 1

Normes de qualification des produits

1.1 – Normes existantes

- NF EN 1793-1** Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier. Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique. 1^{ère} partie : caractéristiques intrinsèques relatives à l'absorption acoustique.
- NF EN 1793-2** Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier. Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique. 2^e partie : caractéristiques intrinsèques relatives à l'isolation des bruits aériens.
- NF EN 1793-3** Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier. Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique. 3^e partie : spectre sonore normalisé de la circulation.
- CEN/TS 1793-4** Pour les couronnements : Dispositifs de réduction des bruits du trafic routier. Méthode d'essai pour la détermination des performances acoustiques. 4^e partie : caractéristiques intrinsèques – valeurs *in situ* de diffraction.
- CEN/TS 1793-5** Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier. Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique. 5^e partie : caractéristiques intrinsèques – valeurs *in situ* de réflexion acoustique et d'isolation aux bruits aériens.
- NF EN 1794-1** Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier. Performances non acoustiques. 1^{ère} partie : performances mécaniques et exigences en matière de stabilité.
- NF EN 1794-2** Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier. Performances non acoustiques. 2^e partie : exigences générales pour la sécurité et l'environnement.

- NF EN 14389-2** Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier – méthodes d'évaluation des performances à long terme. 2^e partie : caractéristiques non acoustiques.
- EN 14388** Dispositifs de réduction du bruit de trafic routier – spécifications
- EN 14389-1** Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier – méthodes d'évaluation des performances à long terme. 1^{ère} partie : caractéristiques acoustiques

1.2 – Normes en projet

- CEN/TS 1793-5
2012** Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier. Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique. 5^e partie : caractéristiques intrinsèques – valeur *in situ* de réflexion acoustique.
- NF EN 1793-6** Dispositifs de réduction du bruit du trafic routier. Méthode d'essai pour la détermination de la performance acoustique. 6^e partie : caractéristiques intrinsèques – valeur *in situ* d'isolation aux bruits aériens

Annexe 2

Normes de réception des ouvrages

- NF S 31-089** Acoustique. Code d'essai pour la détermination des caractéristiques acoustiques d'écrans installés en champ libre
- ISO 10847** Acoustique. Détermination *in situ* de la perte par insertion de tous types d'écran antibruit en milieu extérieur

Annexe 3

Autres normes

- NFS 31-085** Caractérisation et mesurage du bruit émis dans l'environnement par les infrastructures routières. Cette norme définit les nuisances maximales en façades exprimées LAeq
- NFS 31-088** Bruit dans l'environnement
Tome 1 : Normes générales – Bruit des machines
Tome 2 : Bruit des moyens de transport
- XP S31-133** Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur, incluant les effets météorologiques
- ISO 9613** Acoustique. Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre
Partie 1 : Calcul de l'absorption acoustique
Partie 2 : Méthode générale de calcul
- NFS 31-010** Acoustique – Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement

Annexe 4

Méthodes de mesures des écrans acoustiques

Les méthodes de mesures permettent de déterminer les performances intrinsèques des écrans acoustiques, essentiellement l'absorption et la transmission.

4.1 - Les mesures en laboratoire

4.1.1 - Mesure selon la norme NF EN 1793-1

Cette méthode européenne permet de déterminer les caractéristiques intrinsèques relatives à l'absorption acoustique. La mesure s'effectue dans une salle réverbérante sur un échantillon d'écran d'environ 10 m² comportant au moins un poteau. Cette norme permet le calcul de l'indice global d'isolement (DL_{α}) et le classement selon cinq catégories de A0 (non déterminé) à A4 (très absorbant).

Classe d'absorption acoustique selon la norme NF EN 1793-1	
Catégorie	DL_{α} en dB(A)
A0	Non testé
A1	< 4
A2	4 à 7
A3	8 à 11
A4	> 11

4.1.2 - Mesure selon la norme NF EN 1793-2

Cette méthode européenne détermine les caractéristiques intrinsèques relatives à l'isolation aux bruits aériens. La mesure s'effectue en salle réverbérante. Cette norme permet le calcul de l'indice global d'isolement (DL_R) et le classement en quatre catégories de B0 (non déterminé) à B3 (très isolant).

Classes d'affaiblissement ou d'isolation acoustique selon la norme NF EN 1793-2	
Catégorie	DL_R en dB(A)
B0	Non testé
B1	< 15
B2	15 à 24
B3	> 24

À ces deux normes sont attachées des exigences sur les produits via la recommandation technique du CERTU (voir le chapitre 2).

4.2 - Les mesures *in situ*

4.2.1 - Mesure selon la norme CEN / TS 1793-5

Cette méthode européenne, actuellement expérimentale, appelée aussi "Adrienne" détermine les pertes locales d'énergie acoustique en réflexion et en transmission. La mesure s'effectue *in situ*. Elle permet de calculer de nouveaux indices globaux en réflexion (DL_{RI}) et en transmission (DL_{SI}).

La méthode est identique dans son principe à la norme française NF S 31089. Elle diffère légèrement sur le plan pratique notamment par le type de source utilisée, la position des récepteurs et donc le calcul des indices. Les échelles de performances des produits ne sont ainsi pas directement comparables à celles de la NF S 31089.

À terme, cette norme sera amenée à remplacer la norme NF S 31089.

4.2.2 - Mesure selon la norme CEN / TS 1793-4.

Cette méthode européenne, actuellement expérimentale, permet de déterminer l'indice unique d'évaluation de la différence d'indice de diffraction ($DL_{\Delta DI}$) d'un dispositif additionnel (couronnement). Il s'agit d'une mesure de diffraction utilisant une source de bruit artificielle avant puis après la pose d'un couronnement sur un écran. La performance du produit testé étant égale à la différence des deux séries de mesures.

4.2.3 - Mesure selon la norme NF S 31089

Cette méthode française, dont la première version a été publiée en 1986, fut la première en Europe basée sur le principe du traitement du signal. Elle utilise une source de bruit artificielle et permet de calculer les indices globaux en réflexion (TL_R) et transmission (TL_T). Elle permet de mesurer les performances acoustiques et l'efficacité des ouvrages en place.

À cette norme sont également attachées des exigences sur l'ouvrage exprimées dans la recommandation technique du CERTU (voir le chapitre 2).

La circulaire du 12 décembre 1997 du ministère de l'Équipement indique dans son annexe (paragraphe 10) : "Les documents d'appel d'offres et les pièces de marché pour la réalisation des écrans acoustiques devront également prévoir les mesures de réception des ouvrages par la mesure de la perte locale d'énergie en transmission et réflexion selon la norme NF S 31089".

4.2.4 - Mesure selon la norme ISO 10847

Cette norme permet de caractériser l'efficacité globale d'un ouvrage dans son site réel. La mesure s'effectue en 2 temps : avant et après mise en place de l'écran. L'efficacité est établie tout simplement par la différence des niveaux sonores entre les 2 phases de mesures. La source de bruit utilisée est constituée des véhicules circulant sur la voie. Afin de s'affranchir le plus possible des variations de trafic routier, on utilise un point de référence qui permet de recalculer les mesures avant/après.

Le principe même de la méthode fait que la mesure est très tributaire d'autres conditions que les performances de l'écran, comme les conditions de propagations atmosphériques et de sol. Ceci explique que cette méthode n'a pas été retenue en France, à ce jour, pour le contrôle final d'un écran.

Annexe 5

Méthodes de mesures des bruits routiers, ferroviaires et industriels

Ces mesures réalisées exclusivement sur site ont pour objectif de quantifier le niveau acoustique équivalent (Leq) d'une ambiance sonore.

5.1 - Mesure selon la norme NF S 31-085

Cette norme décrit une méthode de mesures des bruits routiers, sur une période la plus représentative possible (plusieurs jours idéalement) en prenant en compte les conditions réelles sur site (trafic, météorologie).

La norme distingue les méthodes de contrôle et d'expertise. La première ne permet d'obtenir qu'une "image" de l'environnement sonore par manque de connaissance des conditions réelles le jour des mesures. Dans le cas de la méthode dite d'expertise, il est théoriquement possible de déterminer le niveau sonore de long terme du site concerné. On procède alors à un recalage par rapport aux conditions de trafic et météorologiques de référence. La méthode n'est valide que pour une vitesse et un débit significatif des véhicules.

5.2 - Mesure selon la norme NF S 31-088

Cette norme décrit dans son principe une méthode de mesures similaire à celle de la norme NF S 31-085. Elle s'applique au bruit de la circulation ferroviaire.

5.3 - Mesure selon la norme NF S 31-010

Cette norme décrit deux méthodes de mesure des bruits de l'environnement. Elles ont pour objectif de mettre en évidence l'émergence d'un bruit perturbateur, mais se différencient par les moyens à mettre en œuvre et la précision des résultats.

La méthode dite de contrôle nécessite un appareillage simple et induit un nombre limité de points de mesures. La méthode d'expertise nécessite de procéder à des mesures de Leq courts afin de pouvoir différencier les différents événements sonores relevés pendant la période d'observation. Elle est utilisée dans le cas des bruits d'installations classées.

Annexe 6

Publications et autres textes de références

6.1 – Publications

CIMbéton :

- Construction moderne : solutions béton (Construction Moderne ouvrages d'art 2003).
- Une autoroute passée sous silence (Construction Moderne ouvrages d'art 2007).

CERIB :

- Ecrans acoustiques en béton - Aide à la rédaction d'un CCTP (octobre 2009)

Certu :

- Guide du bruit des Transports Terrestres (novembre 1980) épuisé mais consultable.
- Conception et réalisation des écrans acoustiques (avril 1985) épuisé mais consultable.
- Bruit et études routières manuel du chef de projet (octobre 2001).
- Bruit des infrastructures routières NMPB (janvier 1997).
- Bruit ferroviaire (décembre 1994).
- Guide des écrans (en remplacement du guide d'avril 1985).

Ministère de la santé :

- Les effets du bruit sur la santé – M. Vallet, édité par le CIDB.

6.2 – Articles techniques et scientifiques

- Durabilité de l'absorption acoustique des bétons poreux – P. Sauvage et PY. Belaud *Acoustique et technique* n° 34/35 : 3^{ème} et 4^{ème} trimestre 2003.
- Caractéristiques intrinsèques des écrans acoustiques *in situ* – PY. Belaud *Acoustique et technique* n° 37 : 2^{ème} trimestre 2004.
- Améliorer l'efficacité en diffraction des écrans antibruit - J. Defrance *Acoustique et technique* n°23 : octobre 2000.

Annexe 7

FDES : écrans en béton

7.1 – Que disent les FDES ?

Les FDES fournissent :

- le **bilan environnemental du produit** sous forme d'indicateurs d'impacts environnementaux calculés en suivant la méthodologie d'Analyse de Cycle de Vie (ACV) ;
- les données nécessaires à l'évaluation de la contribution du produit aux **caractéristiques sanitaires et au confort** de l'ouvrage vis-à-vis des occupants, obtenues à partir d'analyses.

Qu'est-ce que l'unité fonctionnelle ?

L'Unité Fonctionnelle (UF) est l'unité de compte à laquelle va se référer le bilan environnemental. Cette unité dépend du service rendu par le produit. Il s'agit par exemple, dans le cas d'une poutre, de supporter les charges et autres éléments de plancher sur 1 mètre linéaire pendant une annuité.

L'UF prend en compte une durée de vie du produit appelée Durée de Vie Typique (DVT).

Bilan environnemental du produit

L'information environnementale est issue d'une Analyse de Cycle de Vie des produits (ACV). L'ACV est une analyse multicritère (prise en compte des différents aspects environnementaux) et multiphase (extraction des matières premières, fabrication, transport...) des impacts environnementaux d'un produit ou d'un système de produits au cours de son cycle de vie (c'est-à-dire de l'extraction des matières premières à la fin de vie du produit).

La réalisation d'ACV répond à des normes internationales de la série ISO 14040. Des logiciels dédiés sont utilisés afin de compiler les données pour évaluer les valeurs d'impacts environnementaux de chaque produit, ou chaque système de produits, pour la totalité de son cycle de vie.

Qualité sanitaire des produits

Certains indicateurs environnementaux figurant dans la FDES informent également indirectement sur l'impact sanitaire des produits tout au long de leur cycle de vie : pollution de l'eau, formation d'ozone photochimique...

Au-delà de ces indicateurs, la FDES fournit des données permettant d'évaluer la contribution des produits aux caractéristiques sanitaires et au confort de l'ouvrage. Ces données nécessitent des analyses spécifiques comme les mesures d'émission de Composés Organiques Volatils, de teneur en radioéléments, des mesures hygrothermiques, de caractérisation acoustique, etc.

Impacts environnementaux des Ecrans en béton

A titre informatif, sont présentés ci-dessous les indicateurs d'impacts environnementaux relatifs à un mètre carré représentatif d'écran en béton (parement en béton de bois). Ce tableau est extrait de la Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) de ce produit (chapitre 3).

Rappelons que les FDES complètes des Ecrans en béton à parement de béton de bois ou de béton de pouzzolane, établies selon la norme NF P 01-010, sont disponibles sur le site du CERIB à l'adresse suivante : www.cerib.com

N°	Impact environnemental		Valeur		Unité	
			par UF (1)	par m ² d'écran acoustique (2)		
1	Consommation de ressources énergétiques : • Énergie primaire total dont énergie récupérée (3) • Énergie renouvelable • Énergie non renouvelable		40,55 2,05 17,96 22,54	2 027,33 102,40 898,03 1 126,85	MJ	
2	Indicateur d'épuisement de ressources (ADP)		7,06.10⁻³	3,53.10⁻¹	kg équivalent antimoine	
3	Consommation d'eau		7,03	351,64	litres	
4	Déchets solides	Valorisés	8,53.10⁻²	4,26	kg	
		Éliminés	Déchets dangereux	2,81.10⁻³	0,14	kg
			Déchets non dangereux (DIB)	8,11.10⁻²	4,05	
			Déchets inertes	6,54	326,86	
	Déchets radioactifs	1,92.10⁻⁴	9,58.10⁻³			
5	Changement climatique		0,49	24,51	kg éq CO ₂	
6	Acidification atmosphérique		8,07.10⁻³	0,40	kg éq SO ₂	
7	Pollution de l'air		130,46	6 523,16	m ³	
8	Pollution de l'eau		0,61	30,44	m ³	
9	Destruction de la couche d'ozone stratosphérique		1,07.10⁻¹⁰	5,34.10⁻⁹	kg CFC-11 éq.	
10	Formation d'ozone photochimique		6,61.10⁻⁴	3,31.10⁻²	kg d'éthylène éq.	

(1) Les valeurs sont exprimées pour l'unité fonctionnelle, c'est-à-dire par mètre carré d'écran acoustique pour une annuité (avec pour base de calcul, une durée de vie typique de 50 ans).

(2) Les valeurs sont exprimées pour un mètre carré d'écran acoustique pendant toute la durée de vie.

(3) L'énergie récupérée correspond à l'énergie provenant des différents types de déchets valorisés en cimenterie.

Crédit photographique

Couverture : droits réservés
CIMBÉTON, CERIB et FIB.

Pages intérieures :
tous droits réservés,
CIMBÉTON, CERIB et FIB.

Mise en page et réalisation

DBG Studios

Édition 2010

The logo for CERIB, consisting of the word "CERIB" in a bold, blue, sans-serif font. A horizontal line is positioned below the text.

Centre d'Études et de Recherches
de l'Industrie du Béton
BP 30059 - 28231 ÉPERNON CEDEX
Tél. 02 37 18 48 00 - Fax 02 37 83 67 39
e-mail : cerib@cerib.com - www.cerib.com

The logo for FIB, featuring the letters "FIB" in a bold, blue, sans-serif font. A green circle is positioned above the letter "I", with a thin black line arching from the circle to the top of the letter "B".

Fédération de l'Industrie du Béton
23, rue de la Vanne
92126 Montrouge cedex
Tél. 01 49 65 09 09 Fax 01 49 65 08 61
www.fib.org

The logo for CIM Béton, with "CIM" in red and "Béton" in blue, both in a sans-serif font. The "B" in "Béton" is stylized with a blue outline.

CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS



7, place de la Défense • 92974 Paris-la-Défense Cedex • Tél. 01 55 23 01 00 • Fax 01 55 23 01 10
e-mail : centrinfo@cimbeton.net • internet : www.infociments.fr